



TUGAS AKHIR - TK145501

**TEKNOLOGI PEMBUATAN BIOETANOL DARI
ONGGOK (LIMBAH PADAT INDUSTRI TEPUNG
TAPIOKA) DENGAN DISTILASI FRAKSINASI**

Rafika Hasbia Sari
NRP. 104 115 000 000 81

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc.
NIP. 19580708 198701 1 1001

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR – TK145501

**TEKNOLOGI PEMBUATAN BIOETANOL DARI ONGGOK
(LIMBAH PADAT INDUSTRI TEPUNG TAPIOKA) DENGAN
DISTILASI FRAKSINASI**

RAFIKA HASBIA SARI

NRP. 104 115 000 000 81

Dosen Pembimbing :

Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc.

NIP. 19580708 198701 1 1001

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019**



FINAL PROJECT – TK145501

**TECHNOLOGY OF MAKING BIOETHANOL FROM
ONGGOK (TAPIOCA INDUSTRIAL SOLID WASTE) USING
FRACTINATION DISTILLATION**

RAFIKA HASBIA SARI

NRP. 104 115 000 000 81

Supervisor :

Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc.

NIP. 19580708 198701 1 1001

DIPLOMA III CHEMICAL ENGINEERING

DEPARTEMEN OF INDUSTRIAL CHEMICAL ENGINEERING

Faculty of Vocational

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2019

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
**TEKNOLOGI PEMBUATAN BIOETANOL DARI ONGGOK (LIMBAH
PADAT INDUSTRI TEPUNG TAPIOKA) DENGAN DISTILASI
FRAKSINASI**

TUGAS AKHIR


Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Rafika Hasbia Sari

(NRP 10411500000081)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :
Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc
NIP. 19580708 198701 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
IV-ITS



Ir. Agung Subyakto, MS
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 21 JANUARI 2019

LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai hasil ujian tugas akhir pada 17 Januari 2019 untuk tugas akhir dengan judul "**Teknologi Pembuatan Bioetanol dari Onggok (Limbah Padat Industri Tepung Tapioka) dengan Distilasi Fraksinasi**", yang disusun oleh :

Rafika Hasbia Sari

(NRP 1041150000 081)

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Ir. Budi Setiawan, MT



2. Ir. Agus Surono, MT



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc



SURABAYA, 21 JANUARI 2019

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam. Hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul **“Teknologi Pembuatan Bioetanol dari Onggok (Limbah Padat Industri Tepung Tapioka) dengan Distilasi Fraksinasi”**. Tugas akhir ini disusun sebagai tugas yang harus ditempuh dan diselesaikan di akhir semester ini sebagai persyaratan kelulusan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu membuat inovasi terhadap sebuah permasalahan lingkungan seperti limbah.

Penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan serta bimbingan hingga terselesaikannya Tugas Akhir yang telah penulis buat, antara lain kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat, Hidayah-Nya serta memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya.
2. Ayah, Ibu, Kakak, keluarga dan teman-teman yang senantiasa telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis secara moril dan materiil serta do'a yang membuat penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu serta usaha yang maksimal.
3. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS. Selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ibu Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT.. Selaku Koordinator Tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Bapak Ir. Budi Setiawan, MT. dan Ir. Agus Surono, MT selaku Dosen Penguji Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

7. Seluruh dosen, staff dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
 8. Rekan-rekan seperjuangan, angkatan 2015 serta angkatan 2016 Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
 9. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.
- Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerja samanya.

Surabaya, 1 Januari 2019

TTD

Penulis

TEKNOLOGI PEMBUATAN BIOETANOL DARI ONGGOK (LIMBAH PADAT INDUSTRI TEPUNG TAPIOKA) DENGAN DISTILASI FRAKSINASI

Nama Mahasiswa : 1. Rafika Hasbia Sari 10411500000081
Program Studi : Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Soeprijianto, M.Sc

ABSTRAK

Onggok adalah serat yang merupakan hasil samping pembuatan pati dari ubi kayu. Serat onggok terdiri dari selulosa dan hemiselulosa. Kandungan karbohidrat onggok yang cukup tinggi 68,01% berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk bioetanol. Namun sampai saat ini onggok hanya dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk kompos, makanan ternak dan kadang kala dibuang ke sungai karena dianggap mempunyai nilai ekonomis yang cukup rendah. Tujuan dari pembuatan bioetanol ini adalah memanfaatkan potensi onggok untuk dijadikan bioetanol melalui proses hidrolisis asam dan fermentasi dengan suatu inovasi teknologi pemurnian bioetanol menggunakan distilasi fraksinasi.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kadar etanol yang dihasilkan dari konsentrasi onggok 50 gr/l, 75 gr/l, dan 100 gr/l dengan konsentrasi HCl 0,5 N, 1 N, dan 2 N. Sampel onggok dihidrolisis menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi 0,5 N, 1 N, dan 2 N. Hasil larutan hidrolisis disaring hingga tidak ada ampas dalam larutan. Larutan hasil saringan hidrolisis yang bersifat asam diatur pH nya menjadi 4,5 dan kemudian dilakukan fermentasi selama 3 hari. Kemudian dilakukan proses pemurnian dengan distilasi fraksinasi untuk memperoleh kadar etanol yang lebih tinggi.

Dari hasil penelitian didapatkan variabel perlakuan optimal yaitu pada variabel konsentrasi 100 gr/l onggok (limbah padat tepung tapioka) dengan konsentrasi HCl 2 N. Kadar kemurnian etanol yang diperoleh dari distilasi fraksinasi yaitu 91,07% (v/v) dengan yield sebesar 29,17%.

Kata Kunci: Bioetanol, Onggok (limbah padat tepung tapioka), Distilasi Fraksinasi

TECHNOLOGY OF MAKING BIOETHANOL FROM ONGGOK (TAPIOCA INDUSTRIAL SOLID WASTE) USING FRACTINATION DISTILLATION

Student Name : 1. Rafika Hasbia Sari 10411500000081
Department : Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Soeprijianto,M.Sc

ABSTRACT

Onggok is a fiber which is a by product of making starch from cassava. Onggok fiber consists of cellulose and hemicellulose. The high content carbohydrates of onggok is 68,01% which has the potential to be developed into bioethanol products. But until now onggok has only been used as a raw material for making compost, animal feed, and sometimes dumped into rivers because it is considered has a low economic value. The purpose of making bioethanol is to utilize the potential of onggok to made into bioethanol through the process of acid hydrolysis and fermentation with an innovation in bioethanol purification technology using fractination distillation.

This research was conducted to determine the effect of ethanol contents which has produced from the concentration of onggok 50 gr/l, 75 gr/l, and 100 gr/l with concentration of HCl 0,5 N, 1 N, and 2 N. Samples from onggok were hydrolyzed using HCl with variations of concentrations 0,5 N, 1 N and 2 N. Hydrolysis solution are filtered until there is no pulp in the solution. The acidic hydrolyzate filter solution is set to pH 4,5 and then fermented for 3 days. The purification process is carried out by fractination distillation to obtain higher ethanol contents.

The results showed that the optimum variable is onggok with concentration variable 100 gr/l with concentration of HCl 2 N. Which is ethanol obtained from fractination distillation is 91,07% (v/v) with yields 29,17%.

Keywords: Bioethanol, Onggok (tapioca industrial solid waste), Fractination Distillation

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR REVISI	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR GRAFIK	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah	I-4
I.4 Tujuan Inovasi Produk	I-4
I.5 Manfaat Inovasi Produk.....	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Bioetanol.....	II-1
II.2 Ubi Kayu.....	II-6
II.3 Tepung Tapioka.....	II-6
II.4 Pembuatan Bioetanol.....	II-9
II.5 Penelitian Sebelumnya.....	II-18
BAB III METODOLOGI PERCOBAAN	
III.1 Bahan yang Digunakan	III-1
III.2 Peralatan yang Digunakan.....	III-1
III.3 Variabel Percobaan	III-1
III.4 Prosedur Pembuatan	III-2
III.5 Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi	III-5
III.6 Diagram Blok Proses Pembuatan Bioetanol.....	III-11

BAB IV HASIL INOVASI DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Percobaan.....IV-1

IV.2 PembahasanIV-2

BAB V NERACA MASSA.....V-1

BAB VI NERACA PANAS.....VI-1

BAB VII ANALISIS EKONOMI.....VII-1

BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN.....VIII-1

DAFTAR NOTASI xi

DAFTAR PUSTAKA xii

APPENDIKS A

APPENDIKS B

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Ubi Kayu.....	II-6
Gambar II.2	Distilasi Kolom Fraksinasi.....	II-18
Gambar III.1	Diagram Skema Pembuatan Bioetanol dari Onggok.....	III-11

DAFTAR GRAFIK

Grafik IV.2.1	Hubungan antara Konsentrasi HCl (N) terhadap Kadar Glukosa (gr/l) pada Konsentrasi Onggok 50, 75, 100 (gr/l).....	IV-7
Grafik IV.2.2	Hubungan antara Konsentrasi HCl (N) terhadap Kadar Etanol (% v/v) pada Konsentrasi Onggok 50, 75, 100 (gr/l).....	IV-10
Grafik VII.1	<i>Break Event Point</i> (BEP).....	VII-8

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Sifat-Sifat Fisika Etanol.....	II-3
Tabel II.2	SNI Bioetanol.....	II-4
Tabel II.3	Kandungan Nutrisi pada Tepung Tapioka.....	II-7
Tabel II.4	Kandungan Nutrisi Ampas Tapioka.....	II-7
Tabel II.5	Konversi Bahan Baku Tanaman yang Mengandung Pati menjadi Bioetanol.....	II-9
Tabel II.6	Perbandingan Hidrolisis Kimiawi dengan Hidrolisis Enzim.....	II-12
Tabel IV.1.2	Hasil Perhitungan Uji Kadar Gula Tereduksi.....	IV-2
Tabel IV.1.3	Hasil Analisa Kadar Etanol Hasil Fermentasi.....	IV-2
Tabel V.1	Komposisi Bahan Baku Onggok.....	V-1
Tabel V.2	Neraca Massa Pembuburan.....	V-2
Tabel V.3	Neraca Massa Hidrolisis Asam.....	V-2
Tabel V.4	Neraca Massa Detoksifikasi.....	V-3
Tabel V.5	Neraca Massa Fermentasi.....	V-4
Tabel V.6	Neraca Massa Penyaringan.....	V-5
Tabel V.7	Neraca Massa Distilasi.....	V-6
Tabel V.8	Neraca Massa Kondensor.....	V-7
Tabel VI.1	Neraca Panas Hidrolisis.....	VI-1
Tabel VI.2	Neraca Panas Distilasi.....	VI-1
Tabel VI.1	Neraca Panas Kondensor.....	VI-2
Tabel VII.1	Biaya Investasi Peralatan.....	VII-2
Tabel VII.2	Biaya Utilitas per Bulan.....	VII-3
Tabel VII.3	Biaya Gaji Karyawan.....	VII-3
Tabel VII.4	Biaya Pendukung Tambahan.....	VII-3

Tabel VII.5 Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Produk.....	VII-4
Tabel VII.6 Biaya Fixed Cost.....	VII-5
Tabel VII.7 Biaya Variable Cost.....	VII-5

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Menipisnya cadangan bahan bakar fosil dan meningkatnya populasi manusia sangat kontradiktif dengan kebutuhan energi bagi kelangsungan hidup manusia beserta aktivitas ekonomi dan sosialnya. Sejak lima tahun terakhir, Indonesia mengalami penurunan produksi minyak nasional akibat menurunnya cadangan minyak pada sumur-sumur produksi secara alamiah, padahal dengan pertambahan jumlah penduduk, meningkat pula kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri. Hal ini berakibat pada peningkatan kebutuhan dan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Pemerintah masih mengimpor sebagian BBM untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri (*Assegaf, 2009*).

Perkembangan kebutuhan energi dunia yang dinamis di tengah semakin terbatasnya cadangan energi fosil serta kepedulian kelestarian hidup, menyebabkan perhatian terhadap energi terbarukan semakin meningkat, terutama terhadap sumber-sumber energi terbarukan dari sektor pertanian. Hampir seluruh komoditas budidaya di sektor pertanian dapat menghasilkan biomassa, sebagai sumber bahan yang dapat diubah menjadi energi terbarukan. Biomassa adalah semua bahan-bahan organik berumur relatif muda dan berasal dari tumbuhan/hewan; produk dan limbah industri budidaya (pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, perikanan), yang dapat diproses menjadi bioenergi. Salah satu bentuk bioenergi yang dihasilkan adalah berupa bahan bakar nabati (*Prastowo, 2007*).

Kenaikan harga BBM berbasis fosil pada tahun 2005 yang sempat menyentuh angka lebih dari 70 US dollar per barrel menjadi momentum penting untuk pengembangan



BAB I Pendahuluan

BBN di dalam negeri. Berbagai prediksi memperkirakan bahwa kenaikan harga tersebut bukanlah akhir dari episode kenaikan BBM fosil, melainkan tahap awal yang akan terus diikuti oleh kenaikan harga di tahun-tahun berikutnya. Penyebab kenaikan harga BBM tersebut salah satunya disebabkan oleh cadangannya yang kian menipis. Seefisien apapun manusia menggunakan dan mengonsumsi BBM fosil, suatu saat pasti akan habis. Kondisi sulit ini ternyata berimbas positif pada penggunaan BBN di Indonesia. BBN yang semula kurang diperhatikan, akhirnya memiliki posisi tawar yang lebih baik. Bahkan, banyak yang meyakini bahwa BBN bisa dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi ketergantungan yang demikian besar terhadap BBM fosil (Swadaya, 2008).

Melihat kondisi tersebut, pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM (Prihandana, 2007). Kebijakan tersebut telah menetapkan sumber daya yang dapat diperbaharui seperti bahan bakar nabati sebagai alternatif pengganti BBM. Bahan bakar berbasis nabati diharapkan dapat mengurangi terjadinya kelangkaan BBM, sehingga kebutuhan akan bahan bakar dapat terpenuhi. Bahan bakar berbasis nabati juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan, sehingga lebih ramah lingkungan (Assegaf, 2009).

Bahan bakar berbasis nabati salah satu contohnya adalah bioetanol. Bioetanol dapat dibuat dari sumber daya hayati yang melimpah di Indonesia. Bioetanol dibuat dari bahan-bahan bergula atau berpati seperti singkong atau ubi kayu, tebu, nira, sorgum, nira nipah, ubi jalar, ganyong dan lain-lain. Hampir semua tanaman yang disebutkan diatas merupakan tanaman yang sudah tidak asing lagi, karena



mudah ditemukan dan beberapa tanaman tersebut digunakan sebagai bahan pangan (*Assegaf, 2009*).

Bioetanol merupakan senyawa alkohol yang dibuat dari bahan baku tanaman yang mengandung pati seperti jagung, ubi kayu, ubi jalar, sagu dan sorgum; serta bahan-bahan yang mengandung gula dan selulosa melalui suatu proses fermentasi dan distilasi, dan digunakan sebagai substitusi atau sebagian substitusi untuk *petroleum*. Bioetanol memiliki sifat-sifat yang mirip terhadap *petroleum* dan sering di-*blending* dengan *petroleum*. Ubi kayu atau tanaman singkong merupakan salah satu komoditi yang mudah dalam pembudidayaan serta perawatannya. Selain sebagai bahan makanan, singkong juga di gunakan dalam pakan ternak. Ubi kayu mengandung kadar air sekitar 60%, pati 25-35%, protein, mineral, fosfat, kalsium dan serat. Ubi kayu memiliki sumber energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan padi, jagung, ubi jalar dan sorgum.

Sementara, pemanfaatan ubi kayu yang diperoleh adalah diambil sebagai tepung tapioka. Sedangkan limbah pabrik tepung tapioka belum dimanfaatkan sebagai penghasil sumber karbohidrat, dan kebanyakan dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan dibuang ke lingkungan, sehingga mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan. Hasil penelitian dari Badan Penelitian dan Pengkajian Teknologi Indonesia menunjukkan bahwa kandungan pati pada ampas tapioka adalah sebesar 67,8 %. Sesuai dengan data tersebut, maka limbah pabrik tepung tapioka sangat berpotensi digunakan sebagai sumber energi terbarukan berupa bioetanol.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian adalah mengetahui pengaruh variasi konsentrasi asam pada proses



hidrolisis terhadap peningkatan kadar glukosa dan etanol yang dihasilkan dari onggok (limbah padat industri tepung tapioka) dengan menggunakan proses hidrolisis asam dan fermentasi kemudian dilanjutkan proses pemurnian dengan menggunakan distilasi fraksinasi.

I.3 Batasan Masalah

Dalam percobaan, batasan masalah yang akan digunakan adalah mendapatkan bioetanol dari limbah padat industri tepung tapioka dengan proses hidrolisis asam dan proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* kemudian dilanjutkan proses pemurnian dengan menggunakan distilasi fraksinasi.

I.4 Tujuan

Penelitian bertujuan untuk mengkonversikan pati dari onggok (limbah padat industri tepung tapioka) menjadi bioetanol yang berasal dari industri tepung tapioka di Kediri, Jawa Timur.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari inovasi bioetanol adalah :

1. Meningkatkan nilai jual yang tinggi pada limbah padat industri tepung tapioka yang bisa dikonversikan menjadi bioetanol sebagai bahan bakar alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang jumlahnya semakin menurun.
2. Meningkatkan pengetahuan tentang proses pemurnian bioetanol yang mempunyai kualitas standart dengan pengembangan teknologi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Bioetanol

Bioetanol berasal dari dua kata yaitu “bio” dan “etanol” yang berarti sejenis alkohol yang merupakan bahan kimia yang terbuat dari bahan pangan. Etanol dapat diperoleh melalui proses fermentasi biomassa. Oleh karena berbahan dasar biomassa, maka selanjutnya lebih dikenal dengan nama bioetanol (*Prihandana, 2007*). Karena proses pembuatan bioetanol meliputi fermentasi dan berbahan dasar biomassa, maka bioetanol juga dapat diartikan sebagai cairan biokimia dari proses fermentasi gula (sumber karbohidrat) dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Dalam perkembangannya, produksi alkohol yang paling banyak digunakan adalah metode fermentasi dan distilasi.

Bahan baku pembuatan bioetanol dibagi menjadi tiga kelompok yaitu :

- a. Bahan berpati, bahan-bahan yang termasuk kelompok ini adalah bahan-bahan yang mengandung pati atau karbohidrat yaitu berupa singkong atau ubi kayu, ubi jalar, tepung sagu, biji jagung, biji sorgum, gandum, kentang, ganyong, garut, umbi dahlia, dan lain-lain.
- b. Bahan bergula, berupa *molasses* (tetes tebu), nira tebu, nira kelapa, nira batang sorgum manis, nira aren (enau), nira nipah, gewang, nira lontar, dan lain-lain.
- c. Bahan berselulosa, bahan-bahan yang termasuk kelompok ini adalah bahan-bahan yang mengandung selulosa (serat) yaitu berupa limbah *logging*, limbah pertanian seperti jerami padi, ampas tebu, *janggal*



(tongkol) jagung, batang pisang, serbuk gergaji, dan lain-lain.

Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses distilasi. Proses distilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95% volume, untuk digunakan sebagai bahan bakar (biofuel) perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99% yang lazim disebut *Fuel Grade Ethanol* (FGE). Proses pemurnian dilakukan dengan prinsip dehidrasi, untuk memisahkan air dari senyawa etanol (Musnif, 2012).

Etanol dikategorikan dalam dua kelompok utama :

1. Etanol 95-96% v/v, disebut “etanol berhidrat” yang dibagi dalam:
 - *Technical/raw spirit grade*, digunakan untuk bahan bakar spiritus, minuman, desinfektan, dan pelarut;
 - *Industrial grade*, digunakan untuk bahan baku industri dan pelarut;
 - *Potable grade*, untuk minuman berkualitas tinggi.
2. Etanol >99,5% v/v, digunakan untuk bahan bakar. Jika dimurnikan lebih lanjut dapat digunakan untuk keperluan farmasi dan pelarut di laboratorium analisis. Etanol ini disebut *Fuel Grade Ethanol* (FGE) atau *anhydrous ethanol* (etanol anhidrat) atau etanol kering, yakni etanol yang bebas air atau hanya mengandung air minimal (Prihandana, 2007).

II.1.1 Sifat-Sifat Fisika Bioetanol

Etanol memiliki banyak manfaat bagi masyarakat karena memiliki sifat yang tidak beracun. Selain itu etanol juga memiliki banyak sifat, baik secara fisika maupun kimia. Adapun sifat-sifat fisika etanol dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel II.1** Sifat-sifat Fisika Etanol

Rumus Molekul	C ₂ H ₅ OH
Berat Molekul	46,07 gr/grmol
Titik Lebur	-112°C
Titik Didih	78,4°C
Densitas	0,7893 gr/ml
Indeks Bias	1,36143 Cp
Viskositas 20°C	1,17 Cp
Panas Penguapan	200,6 kal/gr
Tidak Berwarna	
Larut dalam air dan eter	
Memiliki bau khas	

(Sumber: Perry, 1997)

II.1.2 Sifat-Sifat Kimia Bioetanol

Etanol selain memiliki sifat-sifat fisika juga memiliki sifat-sifat kimia, antara lain:

1. Merupakan pelarut yang baik untuk senyawa organik
2. Mudah menguap dan mudah terbakar
3. Bila direaksikan dengan asam halida akan membentuk alkil halida dan air
$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{HX} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{X} + \text{H}_2\text{O}$$
4. Bila direaksikan dengan asam karboksilat akan membentuk ester dan air
$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
5. Dehidrogenasi etanol menghasilkan asetaldehid
6. Mudah terbakar di udara sehingga menghasilkan lidah api (flame) yang berwarna biru muda dan transparan dan membentuk H₂O dan CO₂

II.1.3 Syarat Mutu Bioetanol (SNI 3565-2009)

Dibawah ini merupakan parameter kualitas bioetanol berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)



Tabel II.2 Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol
(SNI 3565-2009)

No	Uraian	Persyaratan mutu			
		Satuan	Mutu 1	Mutu 2	Mutu 3
1	Kadar etanol pada 15 °C	% v/v % b/b	Min. 96,3 Min. 94,4	Min. 96,1 Min. 94,1	Min. 95,0 Min. 92,5
2	Bahan yang dapat dioksidasikan, pada 15 °C (waktu uji permanganat)	Menit	Min. 30	Min. 15	-
3	Minyak fusel	mg/L	Maks. 4	Maks. 15	-
4	Aldehid (sebagai asetaldehid)	mg/L	Maks. 4	Maks. 10	-
5	Keasaman (sebagai asam asetat)	mg/L	Maks. 20	Maks. 30	Maks. 60
6	Sisa Penguapan Maksimum	mg/L	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 50
7	Metanol	mg/L	Maks. 10	Maks. 30	Maks. 100

II.1.4 Manfaat Bioetanol

Menurut (Ashriyani, 2009), spesifikasi alkohol didasarkan pada kadar alkohol, dapat dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. Kadar 90-96,5% adalah bioetanol yang digunakan pada industri.
2. Kadar 90-96,5% adalah bioetanol yang digunakan sebagai campuran miras dan bahan dasar industri farmasi.
3. Kadar 99,5-100%, yaitu alkohol yang digunakan bahan bakar kendaraan, oleh sebab itu harus benar-benar kering dan anhydrous supaya mesin tidak korosif.

Keunggulan-keunggulan etanol sebagai bahan bakar dibandingkan bahan bakar minyak adalah sebagai berikut:

1. Gas emisi etanol lebih ramah lingkungan karena adanya gugus OH dalam susunan molekulnya. Oksigen yang terdapat didalam molekul etanol tersebut membantu penyempurnaan pembakara antara campuran udara-bahan bakar didalam silinder. Selain itu, etanol memiliki rentang keterbakaran



(*flammability*) yang lebar, yakni 4,3-19 vol% dibandingkan dengan gasoline yang memiliki rentang keterbakaran 1,4-7,6 vol%, membuat pembakaran campuran udara-bahan bakar etanol menjadi lebih baik. Hal ini merupakan faktor penyebab relatif rendahnya emisi CO dibandingkan dengan pembakaran udara-gasoline yakni sekitar 4%.

2. Etanol merupakan energi alternatif yang dapat diperbarui. Etanol diproduksi dari tanaman-tanaman yang mengandung biomassa (bukan dari minyak bumi). Oleh karena tanaman-tanaman tersebut dapat diperbaharui, maka tidak perlu mengkhawatirkan akan kehabisan etanol.
3. Kandungan energi etanol lebih tinggi dari gasolin. Etanol memiliki panas penguapan (*heat of vaporization*) yang tinggi, yakni 842 Kj/kg. Etanol juga memiliki angka *research octane* 108,66 dan *motor octane* 89,7. Angka tersebut (terutama *research octane*) melampaui nilai maksimal yang mungkin dicapai oleh gasolin yang sudah ditambahkan aditif tertentu pada gasolin (bensin yang dijual Pertamina memiliki angka *research octane* 88).
4. Penggunaan etanol tidak rumit. Etanol yang biasa dicampur dengan bensin dan digunakan tanpa memerlukan modifikasi mesin.

Bioetanol memiliki banyak kegunaan, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan bakar
2. Sebagai bahan dasar minuman beralkohol
3. Sebagai bahan kimia dasar senyawa organik
4. Sebagai antiseptik
5. Sebagai antidote beberapa racun



6. Sebagai pelarut untuk parfum, cat, dan larutan obat
7. Digunakan untuk pembuatan beberapa deodoran
8. Digunakan untuk pengobatan untuk mengobati depresi dan sebagai obat bius

II.2 Ubi Kayu

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz sin. *M. utilissima* Poh) seperti yang terlihat pada gambar 2.1, lebih dikenal dengan nama singkong atau ketela pohon merupakan salah satu tanaman yang familiar di kalangan masyarakat Indonesia. Hal ini dikarenakan hampir seluruh propinsi di Indonesia memproduksi ubi kayu. Ubi kayu mudah dibudidayakan, dapat tumbuh di lahan yang relatif tidak subur, tidak membutuhkan banyak pupuk dan pestisida. Ubi kayu memiliki sifat yang tidak tahan lama dalam keadaan segar, maka dalam pemasaran ubi kayu harus diolah menjadi bentuk lain yang lebih awet, seperti gaplek, tepung tapioka, tapai, peuyeum, keripik singkong, dan lain-lain (Prihandana, 2007).



Gambar II.1 Ubi Kayu

II.3 Tepung Tapioka

Tepung tapioka adalah salah satu hasil olahan dari ubi kayu. Bahan pangan tersebut merupakan pati yang diekstrak dengan air dari umbi singkong (ketela pohon),



kemudian disaring, cairan hasil saringan kemudian diendapkan. Bagian yang mengendap tersebut selanjutnya dikeringkan dan digiling hingga diperoleh butiran-butiran pati halus berwarna putih yang disebut tapioka (Afriyah, 2011).

Kandungan nutrisi pada tepung tapioka dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini.

Tabel II.3 Kandungan Nutrisi pada Tepung Tapioka

Komposisi	Jumlah
Kalori (per 100 gr)	363
Karbohidrat (%)	88.2
Kadar air (%)	9.0
Lemak (%)	0.5
Protein (%)	1.1
Ca (mg/100 gr)	84
P (mg/100 gr)	125
Fe (mg/100 gr)	1.0
Vitamin B1 (mg/100 gr)	0.4
Vitamin C (mg/100 gr)	0

(Soemarno, 2007)

Dari hasil olahan tapioka, dihasilkan hasil samping berupa padatan atau ampas. Kandungan nutrisi ampas tapioka dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel II.4 Kandungan Nutrisi Ampas Tapioka

Parameter	Nilai (%)
Kadar air	20
Serat	10
Pati	68
Lemak	0.43
Protein	1.57

(Winarno, 1988)



Tapioka banyak digunakan sebagai bahan pengental dan bahan pengikat dalam industri makanan. Sedangkan ampas tapioka banyak dipakai sebagai campuran makanan ternak. Pada umumnya masyarakat Indonesia mengenal dua jenis tapioka, yaitu tapioka kasar dan tapioka halus. Tapioka kasar masih mengandung gumpalan dan butiran ubi kayu yang masih kasar, sedangkan tapioka halus merupakan hasil pengolahan lebih lanjut dan tidak mengandung gumpalan lagi (Soemarno, 2007).

II.3.1 Karakteristik Limbah Padat Industri Tepung Tapioka

Di Indonesia, singkong atau tapioka merupakan bahan pangan yang banyak diproduksi dan termasuk sebagai negara penghasil ubi kayu terbesar ketiga (13.300.000 ton). Berdasarkan data Ditjen Tanaman Pangan Departemen Pertanian tahun 2007, produksi ubi kayu adalah 18,9 juta ton (Effendi, 2015).

Industri tapioka mengolah ubi kayu menjadi tepung tapioka. Keberadaan pabrik tapioka menimbulkan ketidaknyamanan bagi penduduk, karena proses produksi tepung tapioka menghasilkan limbah berupa ongkok yang jika tidak diolah lebih lanjut akan menimbulkan bau yang busuk dan menyengat. Meningkatnya jumlah produksi tapioka diikuti dengan meningkatnya limbah berupa ongkok. Ongkok merupakan limbah pertanian yang sering menimbulkan masalah lingkungan karena berpotensi sebagai polutan di daerah sekitar pabrik. Kini sebagian masyarakat sudah banyak yang mengelolah ongkok dengan mempertimbangkan manfaat ongkok yang sangat berguna sehingga ongkok memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Ongkok banyak tersedia pada pabrik-pabrik yang mengolah ubi kayu menjadi tepung tapioka. Jumlah ongkok tapioka yang dihasilkan dari industri kecil dengan bahan baku 5



kg/hari menghasilkan ongkok tapioka sebanyak 3,75 kg. Sedangkan industri menengah dengan bahan baku rata-rata dengan bahan baku rata-rata sebanyak 20 kg/hari menghasilkan 15 kg ongkok tapioka. Dan industri besar dengan bahan baku 600 kg/hari dapat menghasilkan ongkok tapioka sebanyak 450 kg. Dari data tersebut terlihat bahwa jumlah ongkok yang dihasilkan dari industri tepung tapioka sangat besar (*Anonim, 2015*).

Pada proses pengolahan ubi kayu menjadi tepung tapioka dihasilkan limbah padat tapioka (ongkok) sekitar 2/3 bagian atau sekitar 75% dari bahan mentahnya dengan kandungan karbohidrat singkong mencapai 72,49%-85,99% (*Asngad, 2005*). Limbah padat tapioka mempunyai potensial untuk dimanfaatkan dalam menghasilkan etanol karena mengandung selulosa (24.99% w/w), hemiselulosa (6.67% w/w) dan strach (61% w/w) (*Effendi, 2015*).

II.4 Pembuatan Bioetanol

Produksi etanol/bioetanol dengan bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air. Konversi bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat menjadi bioetanol ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel II.5 Konversi Bahan Baku Tanaman yang Mengandung Pati atau Karbohidrat Menjadi Bioetanol

Bahan Baku		Kandungan Gula dalam Bahan Baku	Jumlah Hasil Konversi	Perbandingan Bahan Baku dan Bioetanol
Jenis	Konsumsi (Kg)	(Kg)	Bioetanol (Liter)	
Ubi	1000	250-300	166.6	6.5:1



BAB II Tinjauan Pustaka

Kayu				
Ubi Jalar	1000	150-200	125	8:1
Jagung	1000	600-700	200	5:1
Sagu	1000	120-160	90	12:1

(Nurdyastuti, 2006)

Glukosa dapat dibuat dari pati-patian, proses pembuatannya dapat dibedakan berdasarkan zat pembantu yang dipergunakan, yaitu hidrolisa asam dan hidrolisa enzim. Berdasarkan kedua jenis hidrolisa tersebut, saat ini hidrolisa enzim lebih banyak dikembangkan, sedangkan hidrolisa asam (misalnya dengan asam sulfat) kurang dapat berkembang, sehingga proses pembuatan glukosa dari pati-patian dipergunakan dengan hidrolisa enzim. Dalam proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air dilakukan dengan penambahan air dan enzim. Kemudian dilakukan proses peragian atau fermentasi gula menjadi etanol dengan menambahkan *yeast* atau ragi. Reaksi yang terjadi pada proses produksi etanol/bioetanol secara sederhana ditunjukkan pada reaksi 1 dan 2.

Empat tahapan proses utama dalam memproduksi bioetanol adalah *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan tahap terakhir adalah distilasi serta pemurnian (Sukumaran, 2008). Secara umum, proses pengolahan bahan berpati seperti ubi kayu, jagung dan sagu untuk menghasilkan bioetanol dilakukan dengan proses sebagai berikut:

1. *Pre-treatment*

Pretreatment adalah proses persiapan bahan baku sesuai spesifikasi yang diinginkan. Untuk mempersiapkan bahan baku jenis ubi-ubian (karbohidrat) dilakukan proses pemotongan dan penghancuran ubi bahkan dapat pula bahan baku tersebut berbentuk tepung atau pati. Analisis



karbohidrat diperlukan untuk mengetahui konversi karbohidrat menjadi glukosa (Hargono, 2013).

Proses ini bertujuan memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan.

2. Proses hidrolisis

Hidrolisis adalah proses konversi pati menjadi glukosa. Hidrolisis pati merupakan proses pemecahan molekul pati menjadi bagian-bagian penyusunnya yang lebih sederhana seperti dekstrin, isomaltosa, maltosa dan glukosa (Hargono, 2013).

Proses hidrolisa ini bertujuan memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan. Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa turut terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut yang akan difermentasi oleh mikroorganisme menghasilkan etanol (Osvaldo, 2012).

Dalam prakteknya, hidrolisis pati menjadi gula pereduksi dapat dilakukan dengan cara, yakni hidrolisis asam dan enzimatis (Musanif, 2008). Walaupun terdapat berbagai macam metode hidrolisa untuk bahan-bahan lignoselulosa, hidrolisa asam dan hidrolisa enzimatis merupakan dua metode utama yang banyak digunakan khususnya untuk bahan-bahan lignoselulosa dari limbah pertanian dan potongan-potongan kayu. Hidrolisa menggunakan enzim akan rusak pada suhu tinggi,



dan berlangsung hingga suhu 90°C, sedangkan hidrolisis asam berlangsung hingga mencapai suhu 121°C. Hidrolisis selulosa secara enzimatik memberi yield etanol sedikit lebih tinggi dibandingkan metode hidrolisa asam. Namun proses enzimatik tersebut merupakan proses yang paling mahal. Proses recycle dan recovery enzim selulose diperlukan untuk menekan tingginya biaya produksi. Penambahan asam, basa, ataupun enzim umumnya dilakukan untuk membuat reaksi hidrolisis dapat terjadi. Asam, basa maupun enzim dalam reaksi hidrolisis disebut katalis, yakni zat yang dapat mempercepat terjadinya reaksi (*Oswaldo, 2012*).

Tabel II.6 Perbandingan Hidrolisis Kimiawi dengan Hidrolisis Enzim

Parameter	Hidrolisis kimiawi	Hidrolisis enzim
Waktu	Singkat	Lama
Biaya	Lebih hemat	Lebih mahal
Pemutusan rantai polimer	Acak	Spesifik
Hidrolisat	Sedikit	Lebih banyak
Sifat	Toksik	Ramah lingkungan
Suhu	120-160°C	90°C

Di dalam metode hidrolisa asam, biomassa lignoselulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu, dan menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisa asam antara lain adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat, dan HCl.



Hidrolisa asam dapat dikelompokkan menjadi: hidrolisa asam pekat dan hidrolisa asam encer (Oswaldo, 2012).

Hidrolisa asam pekat merupakan teknik yang sudah dikembangkan cukup lama. Braconnot di tahun 1819 pertama menemukan bahwa selulosa bisa dikonversi menjadi gula yang dapat difermentasi dengan menggunakan asam pekat. Hidrolisa asam pekat menghasilkan gula yang tinggi dibandingkan dengan hidrolisa asam encer, dan dengan demikian akan menghasilkan etanol yang lebih tinggi (Oswaldo, 2012). Beberapa faktor yang mempengaruhi proses hidrolisa antara lain:

a. Kandungan Karbohidrat Bahan Baku

Kandungan karbohidrat pada bahan baku sangat berpengaruh terhadap hasil hidrolisis asam. Apabila kandungan karbohidratnya sedikit, maka jumlah gula yang terjadi gula sedikit, dan sebaliknya, apabila karbohidratnya terlalu tinggi mengakibatkan kekentalan campuran akan meningkat. Sehingga frekuensi tumbukan antara molekul karbohidrat dan molekul air semakin berkurang, dengan demikian kecepatan reaksi pembentukan glukosa semakin berkurang pula.

b. pH Hidrolisa

pH berpengaruh terhadap jumlah produk hidrolisa. pH berkaitan erat dengan konsentrasi asam yang digunakan. Pada umumnya, pH yang terbaik (optimum) adalah 2,3.

c. Waktu Hidrolisis

Semakin lama pemanasan, warna akan semakin keruh dan semakin besar konversi yang dihasilkan. Waktu yang diperlukan untuk proses hidrolisa asam yaitu sekitar 1 hingga 3 jam.



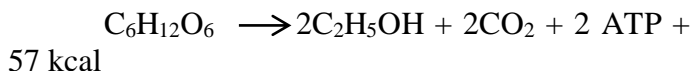
d. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan hidrolisa karbohidrat akan mengikuti persamaan Arrhenius yaitu semakin tinggi suhunya akan diperoleh konversi yang cukup berarti, tetapi jika suhu terlalu tinggi konversi yang diperoleh akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang, yang ditunjukkan dengan semakin tuanya warna hasil.

Parameter konsentrasi asam, suhu dan waktu hidrolisa merupakan parameter yang sangat krusial pada proses hidrolisa selain metode detoksifikasi yang tepat sehingga dapat meminimalkan produk inhibitor yang pada akhirnya meningkatkan yield etanol di akhir proses fermentasi (*Oswaldo, 2012*).

3. Proses fermentasi

Fermentasi alkohol adalah proses penguraian glukosa menjadi etanol dan CO₂ yang dihasilkan oleh aktivitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir dalam keadaan anaerob. Perubahan dapat terjadi jika mikroba tersebut bersentuhan dengan makanan yang sesuai bagi pertumbuhannya. Pada proses fermentasi biasanya tidak menimbulkan bau busuk dan biasanya menghasilkan gas karbondioksida. Hasil fermentasi dipengaruhi banyak faktor. Seperti bahan pangan atau substrat, jenis mikroba dan kondisi sekitar (*Oswaldo, 2012*). Berikut ini reaksi pembentukan etanol pada proses fermentasi:



Untuk mengkonversi glukosa (gula) menjadi etanol dan CO₂. Fermentasi etanol adalah perubahan



1 mol gula menjadi 2 mol etanol dan 2 mol CO₂. Pada proses fermentasi etanol, khamir yang sering digunakan dalam fermentasi alkohol adalah *Saccharomyces cerevisiae*, karena jenis ini dapat berproduksi tinggi, toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi (12-18% v/v), tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 4-32°C (Musnif, 2008).

Untuk pertumbuhannya, ragi memerlukan energi yang berasal dari karbon. Gula adalah substrat yang lebih disukai. Oleh karena itu konsentrasi gula sangat mempengaruhi jumlah etanol yang dihasilkan (Hargono, 2013).

Fermentasi alkohol merupakan proses yang terjadi karena adanya aktivitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir. Besar kecilnya aktivitas hidup mikroba ini akan menentukan jumlah alkohol yang terbentuk dan aktivitas ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut umumnya berhubungan erat dengan penyediaan dan pemakaian nutrisi yang digunakan untuk menunjang aktivitas hidupnya. Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi hasil fermentasi etanol:

a. Jenis Mikroorganisme

Bila dilihat dari jenisnya, maka terdapat beberapa jenis mikroorganisme yang banyak digunakan dalam proses fermentasi diantaranya adalah khamir, kapang dan bakteri. Tetapi tidak semua mikroorganisme tersebut dapat digunakan secara langsung. Masih diperlukan seleksi untuk menjamin berlangsungnya proses fermentasi. Pemilihan mikroorganisme biasanya didasarkan pada jenis substrat (bahan) yang digunakan sebagai medium, misalnya untuk



menghasilkan etanol digunakan khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Seleksi ini bertujuan untuk mendapatkan mikroorganisme yang mampu tumbuh dengan cepat dan mempunyai toleransi tinggi terhadap konsentrasi gula yang tinggi. Sehingga dapat menghasilkan kadar etanol yang dikehendaki.

b. Lama Fermentasi

Waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi biasanya ditentukan pada jenis bahan, jenis ragi dan jenis gula. Pada umumnya diperlukan waktu 4 - 20 hari untuk memperoleh hasil fermentasi yang sempurna. Menurut Amarine (1982) fermentasi berlangsung dua sampai tiga minggu dan ditandai dengan tidak diproduksinya CO₂.

c. Derajat Keasaman

Pada umumnya pH untuk fermentasi buah-buahan atau pembentukan sel khamir dibutuhkan keasaman optimum antara 3,0-5,0. Diluar itu maka pertumbuhan mikroba akan terganggu. Untuk mengatur pH dapat digunakan NaOH untuk menaikkan pH dan asam nitrat untuk menurunkan pH.

d. Kadar Gula

Kadar gula yang optimum untuk aktivitas pertumbuhan khamir adalah sekitar 10-18%.

e. Suhu

Setiap golongan memiliki suhu pertumbuhan yang optimum yang berbeda-beda, untuk mikroba ini suhu optimumnya 19-32°C.



4. Pemurnian

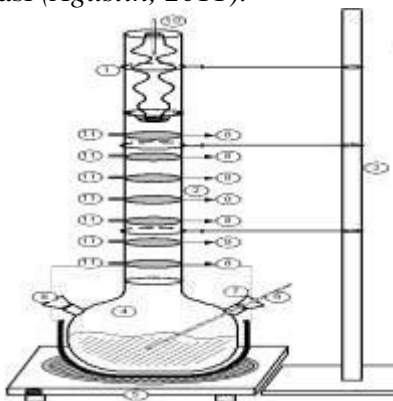
Untuk mencapai spesifikasi produk bioetanol teknis sesuai kadar yang diinginkan dilakukan pemurnian crude etanol menggunakan operasi distilasi. Distilasi adalah metode pemisahan campuran cairan yang saling melarut berdasarkan perbedaan tekanan uap murni atau perbedaan titik didih masing-masing komponen yang terdapat dalam campuran (Hargono, 2013).

Pada umumnya hasil fermentasi berupa bioetanol atau alkohol yang mempunyai kemurnian sekitar 30-40% belum dapat dikategorikan sebagai *fuel based ethanol*. Untuk memurnikan bioetanol yang berkadar lebih dari 95% agar dapat dipergunakan sebagai bahan bakar, harus melewati proses distilasi untuk memisahkan alkohol dengan air dengan memperhitungkan perbedaan titik didih kedua bahan tersebut yang kemudian diembunkan kembali untuk memperoleh bioetanol dengan kemurnian hingga 99,5-99,8%. Distilasi bertingkat sangat efektif digunakan pada pemisahan fraksi minyak mentah menjadi berbagai komponennya (Agustin, 2011).

Proses distilasi bertingkat (fraksinasi) ini digunakan untuk komponen yang memiliki titik didih yang berdekatan. Sistem kerjanya sama dengan distilasi sederhana, perbedaannya adalah adanya kolom fraksinasi. Di kolom ini terjadi pemanasan secara bertahap dengan suhu yang berbeda-beda pada setiap platnya. Pemanasan yang berbeda-beda ini bertujuan untuk pemurnian destilat yang lebih baik daripada plat-plat dibawahnya. Semakin ke atas, semakin tidak volatil cairannya. Oleh karena itu, untuk mendapatkan *fuel grade ethanol* dilaksanakan



pemurnian lebih lanjut dengan azeotropic distillation dan dehidrasi (Agustin, 2011).



Gambar II.2 Distilasi Kolom Fraksinasi

II.5 Penelitian Sebelumnya

Penelitian terhadap produksi bioetanol dari limbah padat tepung tapioka sudah pernah dilakukan diantaranya sebagai berikut :

1. Dwi et al. (2011), membandingkan 2 metode hidrolisa yaitu metode hidrolisa asam dan hidrolisa enzim. Pada penelitian tersebut suhu yang diperlukan pada proses hidrolisis asam lebih tinggi daripada menggunakan hidrolisis enzim. Kadar etanol yang dihasilkan pada metode hidrolisis asam sebesar 3,62% (w/v), hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan hidrolisis enzimatis yang menghasilkan kadar etanol sebesar 3,5% (w/v).
2. Astri et al. (2008), menggunakan metode *mix culture* *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae*. Pada penelitian tersebut semakin besar *mix culture* maka kadar etanol yang dihasilkan semakin kecil. Kadar etanol yang dihasilkan pada *mix culture* 10% sebesar 2,485% dan pada *mix culture* 20% sebesar 2,123%.

Dari kedua jurnal diatas bahwa metode paling efisien dan baik yaitu menggunakan metode hidrolisis asam dan



fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Karena pada hidrolisis enzimatis menggunakan enzim α -amilase dan amiloglukosidase tidak mampu mengkonversi serat menjadi gula. Hidrolisis asam dilakukan untuk mengkonversi pati dan serat, sehingga gula-gula sederhana yang dapat difermentasi meningkat dan menghasilkan produk etanol tinggi.

Oleh karena itu perlu dilakukan inovasi lebih lanjut terhadap produksi bioetanol dari onggok (limbah padat tepung tapioka) dengan menggunakan proses hidrolisis asam guna menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi kemudian dilakukan fermentasi dan dilanjutkan dengan distilasi fraksinasi untuk mendapatkan proses yang lebih efisien dengan energi yang sedikit, menghasilkan kadar bioetanol yang tinggi dengan kualitas yang baik.



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB III

METODOLOGI PERCOBAAN

III.1 Bahan yang Digunakan

1. Onggok (limbah padat industri tepung tapioka)
2. Aquades
3. HCl
4. NaOH
5. *Methylene blue*
6. *Saccharomyces cerevisiae*
7. Fehling A & Fehling B
8. Urea dan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

III.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Beaker glass*
2. Corong
3. Erlenmeyer
4. Gelas ukur
5. pH meter
6. *Hot plate-stirer*
7. *Vacuum filter*
8. Fermentor
9. Seperangkat alat distilasi
10. Pipet tetes
11. Spatula
12. Statif dan klem holder
13. Termometer
14. Timbangan

III.3 Variabel Percobaan

Variabel yang dipilih pada proses pembuatan bioetanol ini adalah konsentrasi 50 gr/l, 75 gr/l, 100 gr/l onggok (limbah padat tepung tapioka) dan konsentrasi HCl 0,5 N, 1 N, dan 2 N.



III.4 Prosedur Pembuatan

Produksi bioetanol dengan bahan baku limbah padat dari industri tepung tapioka diawali dengan *pretreatment* fisik dan karakterisasi kimia bahan baku. Karakterisasi kimia bahan baku meliputi analisa kadar pati dalam limbah padat tepung tapioka. Kemudian dilanjutkan dengan *pretreatment* bahan baku. Pada produksi bioetanol dari limbah padat tepung tapioka tahap pertama yang dilakukan adalah pembuatan glukosa yaitu dengan mengkonversi pati menjadi glukosa dilakukan dengan proses hidrolisis. Kemudian dilanjutkan tahap fermentasi gula sederhana menjadi etanol dengan menambahkan ragi (*yeast*). Selanjutnya pada tahap akhir dilakukan pemurnian etanol dengan proses distilasi fraksinasi.

III.4.1 Tahap Persiapan

Limbah padat yang masih mengandung air dikeringkan dengan dijemur dibawah sinar matahari atau sebagian dioven. Dibuat kering bertujuan agar lebih awet dan menghilangkan kandungan airnya sehingga diperoleh limbah padat yang kering dan dapat disimpan sebagai cadangan bahan baku. Limbah padat pabrik tepung tapioka yang sudah kering digiling atau ditumbuk untuk menghasilkan serbuk halus, kemudian diayak untuk memisahkan dari ukuran yang masih besar.

III.4.2 Eksperimen *Set-up*

III.4.2.1 Hidrolisis Asam

Proses hidrolisis asam menggunakan HCl dengan konsentrasi 0,5 N, 1 N, dan 2 N dan menimbang 50, 75, 100 (gr/l) onggok (limbah padat tepung tapioka) kemudian mencampurkan dan melarutkan ke dalam *aquadest* 2000 ml diaduk hingga menjadi slurry. Hidrolisis asam dilakukan pada suhu 120°C dengan memanaskan pada *hot plate stirrer* dan waktu reaksi berjalan hingga 2 jam. Parameter



hidrolisis asam yang dianalisa yaitu kadar glukosa yang terbentuk.

III.4.2.2 Proses Fermentasi

Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi etanol/bioetanol (alkohol) dengan menggunakan *yeast (Saccharomyces Cerevisiae)* 0,2% dan nutrient (Urea 0,5% dan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 0,5%). Hasil larutan hidrolisis disaring hingga tidak ada ampas dalam larutan. Larutan hasil saringan hidrolisat yang bersifat asam diatur pH nya menjadi 4,5 yang diukur dengan pH meter, penambahan pH dilakukan dengan menambahkan NaOH. Hidrolisat tersebut kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruangan. Sterilisasi alat dengan autoclave pada suhu 120°C selama 15 menit. *Yeast (Saccharomyces Cerevisiae)* 0,2% dan nutrient (Urea 0,5% dan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 0,5%) ditambahkan ke dalam media fermentor. Tutup rapat erlenmeyer yang berisi media fermentasi dengan gabus yang dihubungkan dengan selang dimasukkan ke dalam air agar tidak terjadi kontak langsung dengan udara luar dan mengeluarkan gas karbon dioksida. Fermentasi dapat terjadi sekitar 3 hari untuk penyempurnaan. Produk fermentasi adalah etanol dan karbon dioksida di dalam campuran hasil fermentasi. Kadar etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi, biasanya hanya mencapai 6-9% (w/v), sehingga untuk memperoleh etanol yang berkadar alkohol 95% diperlukan proses lainnya, yaitu proses distilasi dengan menyaring dan mengambil filtrat untuk proses distilasi.

III.4.2.3 Proses Distilasi

Distilasi dikerjakan untuk memisahkan etanol dari kandungan air yang masih tinggi dari hasil fermentasi. Ini melibatkan penguapan campuran. Karena titik didih etanol adalah $78,3^\circ\text{C}$, sementara air menguap pada 100°C , maka



etanol akan menguap lebih dulu sebelum air. Uap ini ditampung dan dikondensasikan kembali menjadi bentuk cair yang biasanya mengandung 95% etanol dengan kadar air 5%.

III.4.3 Prosedur Analisa

III.4.3.1 Analisa Kadar Etanol

Analisa kadar etanol menggunakan metode *Gas Chromatography (GC)*. Sampel larutan etanol sebanyak 5 ml hasil fermentasi disentrifuge dengan kecepatan 15.000 rpm selama 20 menit, kemudian dianalisis dengan menginjeksikan 1 μ l kedalam alat Shimadzu FID GC dibawah kondisi berikut ini: temperatur injeksi 170°C, column 150°C, FID detector 200°C, kecepatan N₂ 40 ml/menit, tekanan udara 0,9 kg/cm², tekanan H₂ 1 kg/cm².

III.4.3.2 Analisa Kadar Glukosa (Metode Lane and Eynon)

1. Menyiapkan larutan fehling A dan fehling B masing-masing sebanyak 10 ml.
2. Menyiapkan indikator *Methilen Blue* dengan konsentrasi 10 g/l.
3. Menyiapkan larutan gula yang akan dianalisa dalam burette.
4. Memasukkan larutan fehling A dan fehling B sebanyak 10 ml ke dalam erlenmeyer, kemudian menambahkan larutan indikator *methilen blue* sebanyak 4 tetes.
5. Memanaskan larutan campuran hingga mendidih lalu menitrasi larutan yang ada dalam erlenmeyer dengan larutan gula yang ada pada burette dan mengukur volume larutan yang dipakai untuk titrasi.



Perhitungan kadar gula tereduksi :

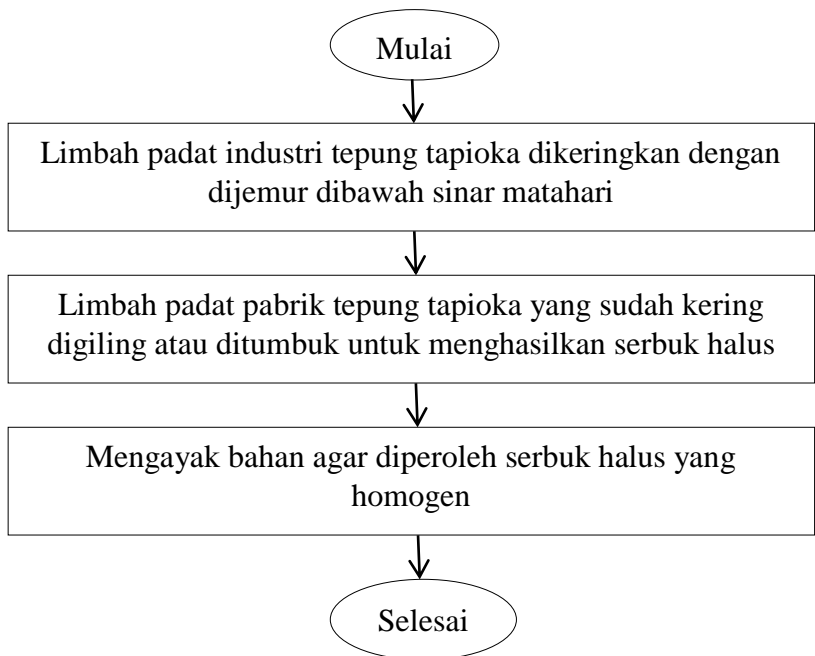
$$\text{Kadar Gula Tereduksi} = \frac{A}{B} \times 5 \text{ gr/lt}$$

Dimana : A = volume larutan gula standart

B = volume sampel

III.5 Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi

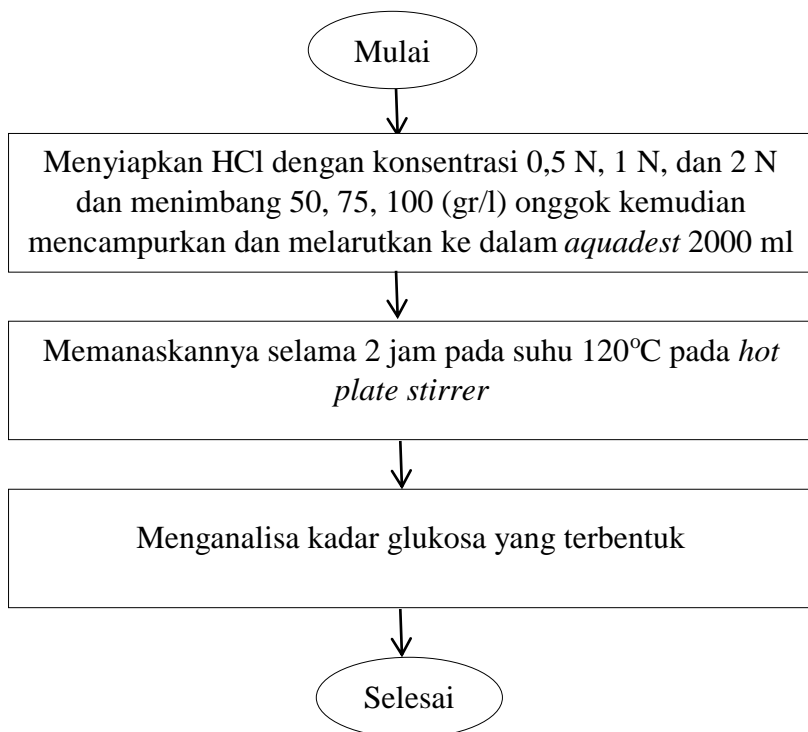
III.5.1 Proses *Pre-treatment* Bahan Baku





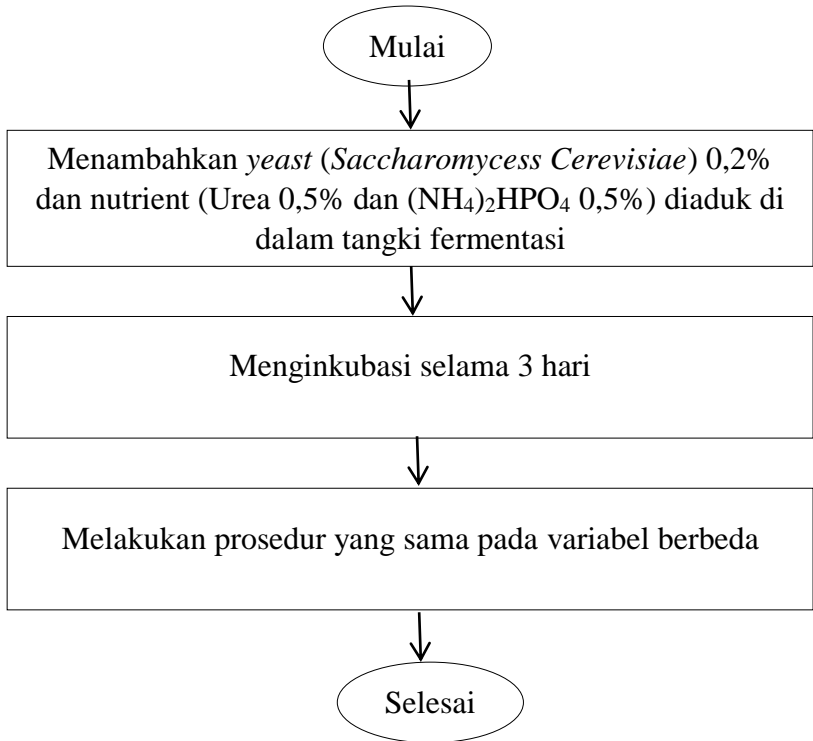
III.5.2 Eksperimen *Set-up*

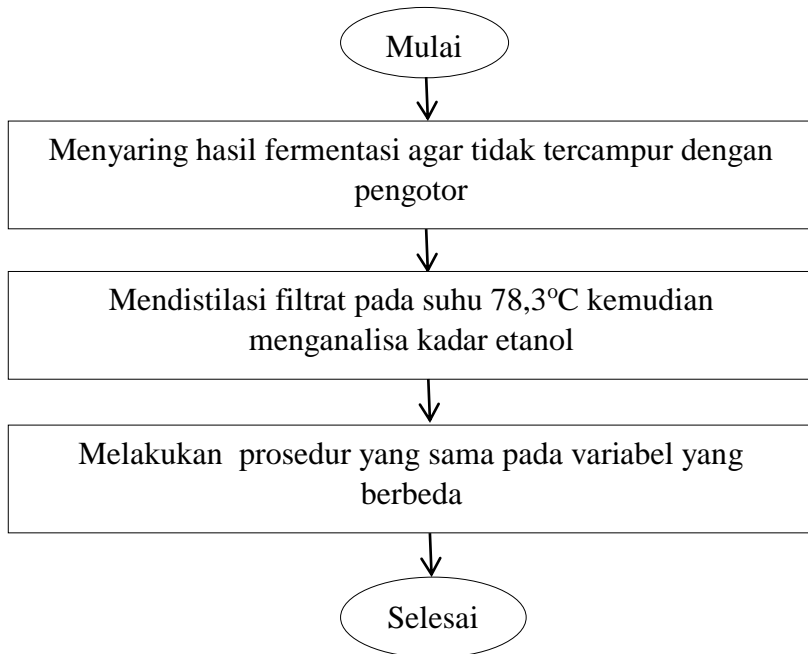
III.5.2.1 Hidrolisis Asam

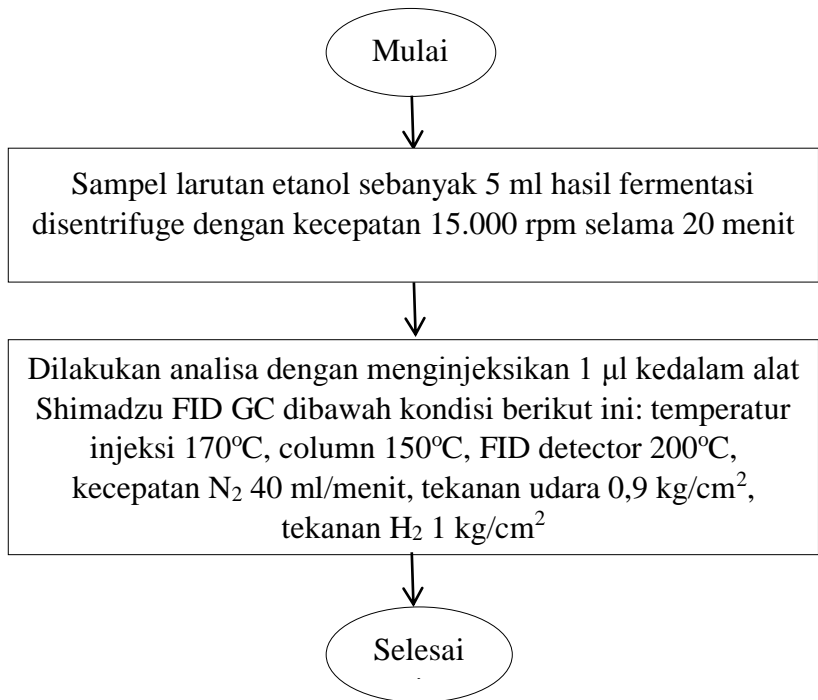


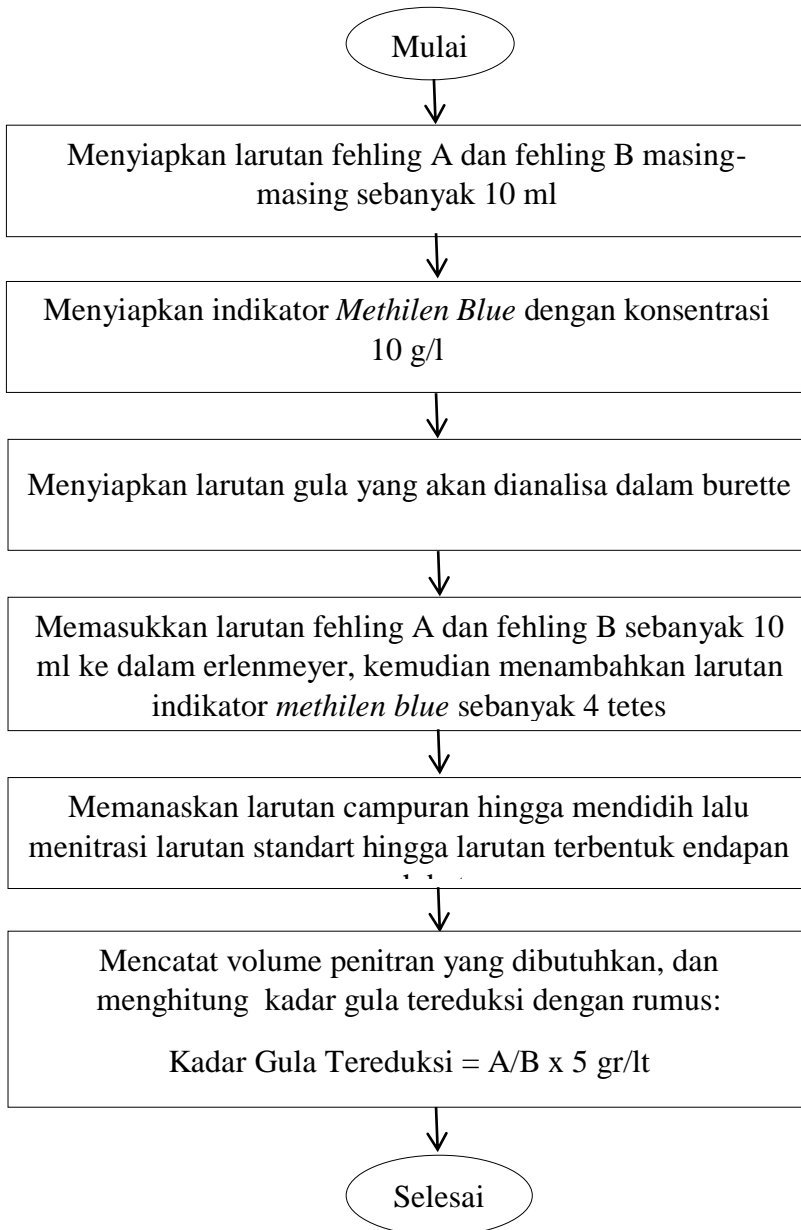


III.5.2.2 Proses Fermentasi



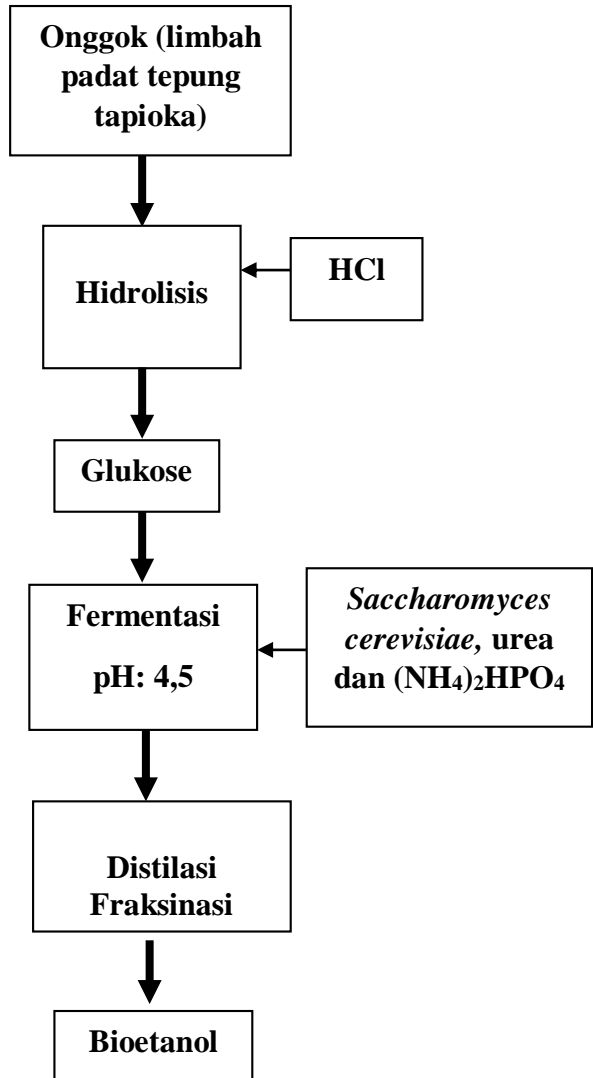
**III.5.2.3 Proses Distilasi**

**III.5.3 Prosedur Analisa****III.5.3.1 Analisa Kadar Etanol**

**III.5.3.2 Analisa Kadar Glukosa**



III.6 Diagram Blok Proses Pembuatan Bioetanol



Gambar III.1 Diagram skema pembuatan bioetanol dari onggok (limbah padat tepung tapioka)



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB IV

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Percobaan

Berbagai pembuatan bioetanol yang berbahan baku dari umbi-umbian, tetes tebu, dan tanaman jagung sudah sering dan banyak dilakukan/dikembangkan. Dalam percobaan ini, dilakukan inovasi dalam pembuatan bioetanol dari onggok (limbah padat tepung tapioka). Onggok merupakan limbah padat dari produksi tepung tapioka yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Hampir semua onggok dari industri tepung tapioka dimanfaatkan sebagai makanan ternak. Padahal onggok sendiri dapat dikembangkan manfaatnya menjadi produk bioetanol karena kandungan karbohidratnya yang cukup tinggi.

Dalam pembuatan bioetanol, kandungan unsur dari bahan baku yang paling utama adalah kandungan karbohidrat/pati. Semakin banyak karbohidrat/pati yang terkandung, maka semakin banyak volume dari bioetanol yang didapatkan. Pati akan dikonversikan menjadi glukosa (gula sederhana) pada proses hidrolisis. Setelah terbentuk glukosa, yeast *Saccharomyces cereviceae* akan mengkonversikannya menjadi etanol. Etanol merupakan produk utama dari pembuatan bioetanol. Untuk mendapatkan etanol, perlu dilakukan proses distilasi.

Dari percobaan pembuatan bioetanol yang telah dilakukan, didapatkan data sebagai berikut ini:

IV.1.1 Menghitung Glukosa Standard

Metode Lane and Eynon (ISI, 1999) digunakan untuk menentukan konsentrasi glukosa. 10 ml larutan campuran Fehling A dan Fehling B dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml dan ditambah 4 tetes Methylene Blue. Kemudian larutan dipanaskan hingga mendidih. Selama



BAB IV Hasil dan Pembahasan

mendidih, larutan glukose pada konsentrasi 5 g/l ditambahkan dari buret hingga warna biru berubah menjadi merah bata. Dari hasil percobaan didapatkan hasil titrasi yaitu 30 ml.

IV.1.2 Hasil Analisa Kadar Glukosa

Menghitung Kadar Glukosa :

Kadar Glukosa

$$= \frac{\text{Konsentrasi gula standard} \times \text{Volume gula standard}}{\text{Volume sampel}}$$

Tabel IV.1.2 Hasil Perhitungan Uji Kadar Glukosa

Konsentrasi Onggok (gr/l)	Konsentrasi Asam (N)	Kadar Glukosa (gr/l)
50	0,5	53,57
	1	87,82
	2	120,47
75	0,5	54,89
	1	90,90
	2	126,62
100	0,5	62,45
	1	99,34
	2	132,83

IV.1.3 Hasil Analisa Kadar Etanol

Tabel IV.1.3 Hasil Analisa Kadar Etanol Hasil Fermentasi

Konsentrasi Onggok (gr/l)	Konsentrasi Asam (N)	Kadar Etanol (% v/v)
50	0,5	3,99
	1	7,82
	2	9,49
75	0,5	4,55
	1	8,89



	2	10,39
100	0,5	5,65
	1	9,44
	2	10,89

IV.2 Pembahasan

Produksi etanol dari onggok pada umumnya dilakukan dengan hidrolisis enzimatis karena enzim bersifat spesifik dan tidak menghasilkan produk samping yang mengganggu pertumbuhan mikroorganisme. Namun hidrolisis enzimatis mempunyai kelemahan, yaitu proses hidrolisis berlangsung lama dan membutuhkan 2 macam enzim (α -amilase untuk proses liquifikasi dan glukoamilase untuk proses sakarifikasi). Selain itu harga enzim cukup mahal dan ketersediaannya juga terbatas. Pada proses produksi bioetanol secara enzimatis tidak semua komponen onggok dapat terhidrolisis terutama serat. Hal tersebut disebabkan oleh kandungan onggok yang tidak hanya pati (amilosa dan amilopektin) tetapi juga serat (selulosa dan hemiselulosa), sedangkan enzim α -amilase dan glukoamilase hanya mampu mengurai rantai α -1,4 dan α -1,6 glikosida pada amilosa dan amilopektin saja. Dengan demikian glukosa pada selulosa yang terikat pada rantai β -1,4 glikosida tidak dapat terurai dan tersisa dalam bentuk ampas atau onggok (*Susmiati, 2011*). Konversi onggok menjadi bioetanol dapat dilakukan dengan hidrolisis asam karena hidrolisis asam dapat menguraikan pati sekaligus serat sehingga tidak ada onggok yang tersisa. Hidrolisis asam dapat memecah hemiselulosa dengan efektif menjadi monomer-monomer gula (arabinosa, galaktosa, glukosa, manosa dan xilosa) dan larutan oligomer yang dapat meningkatkan konversi selulosa (*Susmiati, 2011*). Suhu, waktu dan konsentrasi asam yang digunakan selama proses hidrolisis sangat mempengaruhi proses terbentuknya



komponen-komponen produk samping dan inhibitor fermentasi, berupa senyawa-senyawa turunan furan (furfural dan HMF), asam-asam lemah dan senyawa-senyawa fenol. Proses detoksifikasi dilakukan untuk meningkatkan kemampuan fermentasi dengan mengkonversi derivatif furan menjadi senyawa lain, dan mengurangi senyawa-senyawa yang bersifat toksik.

Pada proses hidrolisis asam maupun hidrolisis enzim masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pada proses hidrolisis enzim kadar gula reduksi yang dihasilkan relatif lebih kecil dibandingkan dengan proses hidrolisis asam, hal ini dikarenakan enzim yang sudah lama tidak digunakan sehingga kualitasnya semakin menurun dan tidak memberikan hasil optimal. Pada proses hidrolisis enzim waktu yang dibutuhkan relatif lebih lama dan juga biaya yang digunakan relatif lebih mahal dibandingkan dengan proses hidrolisis asam. Namun, pemutusan rantai polimer pada hidrolisis enzim lebih spesifik, bersifat ramah lingkungan, dan juga tidak memerlukan suhu yang tinggi. Sedangkan pada proses hidrolisis asam kadar glukosa yang dihasilkan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan proses hidrolisis enzim, hal ini dikarenakan proses hidrolisis asam lebih efektif menghasilkan glukosa dan sekaligus mampu menghidrolisis serat (selulosa dan hemiselulosa). Hidrolisis asam dapat menguraikan pati sekaligus serat sehingga tidak ada ongkok yang tersisa. Konsentrasi asam, suhu dan waktu yang tinggi dalam proses hidrolisis akan menghasilkan konsentrasi gula sederhana yang tinggi. Tetapi hal tersebut akan memicu terbentuknya senyawa inhibitor pada proses fermentasi seperti furfural. Pada proses hidrolisis asam pemutusan rantai polimer pada hidrolisis asam terjadi secara acak, bersifat toksik, dan juga memerlukan suhu yang tinggi. Namun, waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat



dan juga biaya yang digunakan relatif lebih murah dibandingkan dengan proses hidrolisis enzim.

Produksi etanol yang dihasilkan oleh suatu proses ditentukan oleh beberapa faktor antara lain: bahan baku yang tersedia, banyaknya gula hasil konversi bahan baku yang siap di fermentasi, dan efisiensi dari proses fermentasi gula untuk menghasilkan alkohol. Selain itu terdapat beberapa faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi jumlah etanol yang dihasilkan yaitu mikroorganisme dan media yang digunakan, adanya komponen media yang dapat menghambat pertumbuhan serta kemampuan fermentasi mikroorganisme dan kondisi selama fermentasi. Faktor lain juga yang dapat mempengaruhi pembentukan etanol adalah pemilihan khamir, konsentrasi gula, keasaman, ada tidaknya oksigen dan suhu.

Pada penelitian ini, onggok (limbah padat tepung tapioka) dihidrolisis menggunakan metode hidrolisis asam. Hidrolisis dilakukan dengan dibuat slurry pati dengan menambahkan konsentrasi asam 0,5 N, 1 N, dan 2 N. Hidrolisis asam dilakukan untuk mengkonversi pati dan serat, sehingga gula-gula sederhana yang dapat difermentasi meningkat dan menghasilkan produksi etanol tinggi. Hidrolisis dilakukan pada suhu 120°C selama 2 jam. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi asam klorida yang digunakan pada proses hidrolisis untuk mengetahui konsentrasi asam klorida terbaik dalam menghasilkan kadar etanol yang tinggi.

Hasil analisa kadar etanol dari hasil fermentasi pada konsentrasi onggok 50 gr/l diperoleh etanol 3,99% (v/v) dengan konsentrasi asam 0,5 N, 7,82% (v/v) dengan konsentrasi asam 1 N, dan 9,49% (v/v) dengan konsentrasi asam 2 N. Pada konsentrasi onggok 75 gr/l diperoleh etanol 4,55% (v/v) dengan konsentrasi asam 0,5 N, 8,89% (v/v) dengan konsentrasi asam 1 N, 10,39% (v/v) dengan



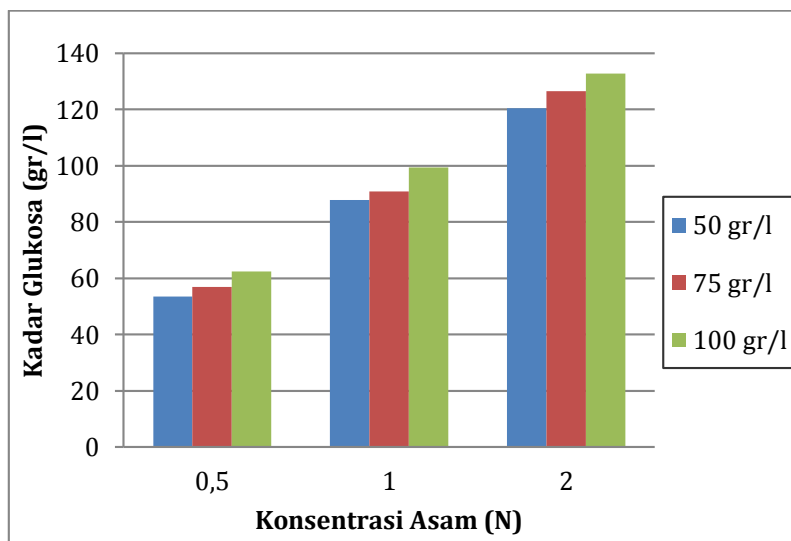
konsentrasi asam 2 N. Dan pada konsentrasi onggok 100 gr/l diperoleh etanol sebesar 5,65% (v/v) dengan konsentrasi asam 0,5 N, 9,44% (v/v) dengan konsentrasi asam 1 N, dan 10,89% (v/v) dengan konsentrasi asam 2 N. Kadar etanol tertinggi didapatkan sebesar 10,89% (v/v) dengan konsentrasi asam 2 N pada konsentrasi onggok 100 gr/l dan didapatkan kadar kemurnian etanol 91,07% (v/v) dengan menggunakan distilasi fraksinasi..

Analisa yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisa kadar glukosa dan kadar etanol. Dimana analisa kadar glukosa menggunakan metode *lane-eylon*. Dan analisa kadar etanol menggunakan metode *Gas Chromatography (GC)*.



IV.2.1 Pengaruh Konsentrasi HCl Pada Proses Hidrolisis terhadap Peningkatan Kadar Glukosa

Proses hidrolisa bertujuan untuk memecah ikatan dan menghilangkan kandungan lignin dan hemisellulosa serta merusak struktur kristal selulosa menjadi senyawa gula sederhana (Sun dan Cheng, 2002). Ukuran bahan baku akan mempengaruhi porositas sehingga dapat memaksimalkan kontak antara bahan dengan asam untuk meningkatkan hidrolisis hemisellulosa (Sun dan Cheng, 2002). Dari literatur yang didapat, diketahui feed memiliki kandungan lignin 25% dan selulosa 45% (Sun dan Cheng, 2002).



Grafik IV.2.1 Hubungan antara konsentrasi HCl (N) terhadap kadar glukosa (gr/l) pada konsentrasi ongkok 50, 75, 100 (gr/l)

Grafik IV.2.1 menunjukkan hubungan antara konsentrasi HCl (N) terhadap peningkatan kadar glukosa (gr/l) pada konsentrasi ongkok 50, 75, 100 (gr/l). Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada konsentrasi ongkok 50 gr/l



didapatkan kadar glukosa sebesar 53,57 (gr/l) dengan konsentrasi HCl 0,5 N, 87,82 (gr/l) dengan konsentrasi HCl 1 N, dan 120,47 (gr/l) dengan konsentrasi HCl 2 N. Pada konsentrasi onggok 75 (gr/l) didapatkan kadar glukosa sebesar 54,89 (gr/l) dengan konsentrasi HCl 0,5 N, 90,9 (gr/l) dengan konsentrasi HCl 1 N, 126,62 (gr/l) dengan konsentrasi HCl 2 N. Dan pada konsentrasi onggok 100 gr/l didapatkan kadar glukosa sebesar 62,45 (gr/l) dengan konsentrasi HCl 0,5 N, 99,34 (gr/l) dengan konsentrasi HCl 1 N, dan 132,83 (gr/l) dengan konsentrasi HCl 2 N.

Proses hidrolisis asam memberikan kadar glukosa cukup tinggi yaitu 120,47-132,83 gr/l pada kondisi proses dengan konsentrasi asam klorida 2 N, sedangkan pada konsentrasi asam klorida 0,5 N kadar glukosa yang didapatkan hanya 53,57-62,45 gr/l. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi asam klorida yang digunakan maka semakin besar juga kadar glukosa yang dihasilkan dan semakin meningkatnya konsentrasi onggok maka glukosa yang dihasilkan juga semakin meningkat. Nilai kadar glukosa tertinggi yaitu sebesar 132,83 gr/l dengan konsentrasi HCl 2 N pada konsentrasi onggok 100 gr/l. Pada proses hidrolisis dengan asam klorida berkonsentrasi 0,5 N menghasilkan kadar glukosa yang jauh lebih kecil dibandingkan pada konsentrasi lainnya. Hal tersebut karena hanya terjadi pemutusan rantai polisakarida di bagian ujung-ujungnya, sedangkan pada rantai polisakarida panjang hanya mengembangkan molekul-molekulnya saja. Pada proses hidrolisis dengan kondisi tersebut sebagian besar yang terkonversi menjadi glukosa hanya fraksi pati saja, sedangkan hemiselulosa sangat sedikit terjadi dan selulosa tidak mungkin terjadi.

Kadar glukosa yang dihasilkan selama proses hidrolisis sangat dipengaruhi oleh konsentrasi asam dan konsentrasi onggok yang digunakan. Semakin tinggi

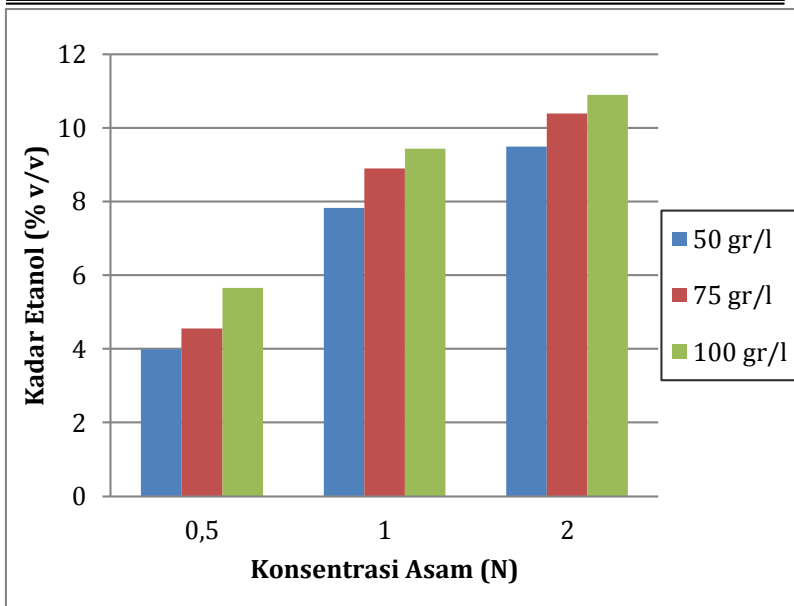


konsentrasi asam dan konsentrasi onggok yang digunakan akan semakin tinggi kadar glukosa yang diperoleh.

IV.2.2 Pengaruh Konsentrasi HCl terhadap Kadar Etanol

Hasil hidrolisis asam mempunyai pH yang sangat rendah yaitu pH 1,9 – 2,0. Kondisi pH yang terlalu rendah tersebut menyebabkan hidrolisat asam tidak dapat digunakan sebagai substrat fermentasi tanpa adanya proses peningkatan pH atau netralisasi terlebih dahulu. Selain itu hidrolisat asam juga mengandung inhibitor, yaitu HMF, furfural dan senyawa-senyawa fenol yang dapat menghambat mikroorganisme pada fermentasi alkohol. Oleh karena itu perlu adanya proses detoksifikasi sebelum digunakan sebagai substrat fermentasi yaitu dengan menambahkan NaOH. Penambahan NaOH selain berfungsi untuk detoksifikasi dan penetralan juga dihitung sebagai faktor pengenceran hidrolisat. Penambahan NaOH pada masing-masing hidrolisat tidak sama, tergantung pada tingkat keasaman hidrolisatnya.

Hasil analisa kadar etanol pada penelitian ini diperoleh setelah dilakukan variasi konsentrasi HCl 0,5 N, 1N, dan 2 N pada konsentrasi onggok 50, 75, 100 (gr/l). Kadar etanol dianalisa dengan menggunakan metode *Gas Chromatography (GC)*. Hasil analisa kadar etanol tersebut ditunjukkan pada grafik dibawah ini.



Grafik IV.2.2 Hubungan antara konsentrasi HCl (N) terhadap kadar etanol (% v/v) pada konsentrasi ongkok 50, 75, 100 (gr/l)

Grafik IV.2.2 menunjukkan hubungan antara konsentrasi HCl (N) terhadap kadar etanol (% v/v) pada konsentrasi ongkok 50, 75, 100 (gr/l). Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada konsentrasi ongkok 50 gr/l didapatkan kadar etanol sebesar 3,99% (v/v) dengan konsentrasi HCl 0,5 N, 7,82% (v/v) dengan konsentrasi HCl 1 N, dan 9,49% (v/v) dengan konsentrasi HCl 2 N. Pada konsentrasi ongkok 75 gr/l didapatkan kadar etanol sebesar 4,55% (v/v) dengan konsentrasi HCl 0,5 N, 8,89% (v/v) dengan konsentrasi HCl 1 N, 10,39% (v/v) dengan konsentrasi HCl 2 N. Dan pada konsentrasi ongkok 100 gr/l didapatkan kadar etanol sebesar 5,65% (v/v) dengan konsentrasi HCl 0,5 N, 9,44% (v/v) dengan konsentrasi HCl 1 N, dan 10,89% (v/v) dengan konsentrasi HCl 2 N.



Berdasarkan grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka semakin tinggi juga kadar etanol yang dihasilkan dan semakin meningkatnya konsentrasi onggok maka kadar etanol yang dihasilkan juga meningkat. Hal ini dikarenakan kecepatan reaksi meningkat karena meningkatnya konsentrasi asam yang digunakan. Jadi, semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka semakin cepat reaksi hidrolisis dan molekul pati yang terdekomposisi menjadi glukosa semakin meningkat. Ketika meningkatnya kadar glukosa maka akan meningkat pula kadar etanol yang dihasilkan. Kadar etanol tertinggi yaitu sebesar 10,89% (v/v) dengan konsentrasi HCl 2 N pada konsentrasi onggok 100 gr/l dan didapatkan kadar kemurnian etanol 91,07% (v/v) dengan menggunakan distilasi fraksinasi.



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB V NERACA MASSA

Kapasitas : 100 liter/hari bioethanol 91%

Satuan massa : kg

Basis waktu : 1 hari

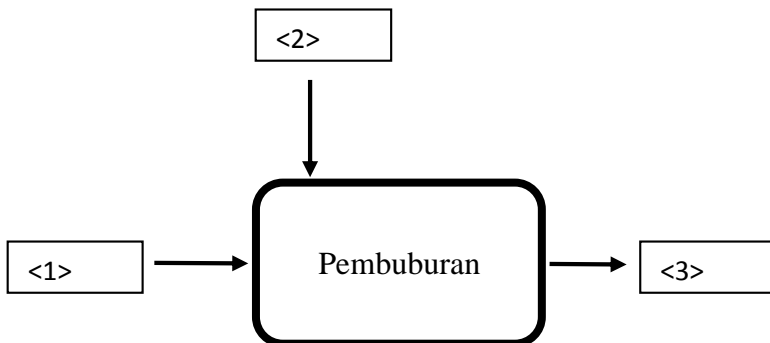
Untuk kapasitas 100 liter diperlukan bahan baku onggok (limbah padat tepung tapioka) sebesar 223,7714 kg.

Tabel V.1 Komposisi Bahan Baku Onggok

Komponen	% Berat
Pati	68.00
Hemiselulosa	8.67
Protein	1.57
Selulosa	21.33
Lemak	0.43
Total	100.00

V.1 Neraca Massa pada Pembuburan

Fungsi: mencampurkan pati dengan air dan HCl hingga menjadi *slurry*.

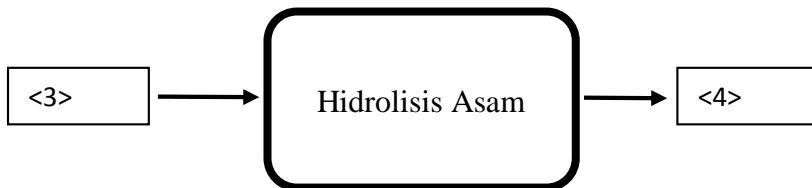


**Tabel V.2** Neraca Massa Pembuburan

Masuk		Keluar	
Aliran <1>		Aliran <3>	
Pati	152,16	Pati	152,16
Hemiselulosa	19,40	Hemiselulosa	19,40
Protein	3,51	Protein	3,51
Selulosa	47,73	Selulosa	47,73
Lemak	0,96	Lemak	0,96
	223,77	HCl	85,79
Aliran <2>		H ₂ O	361,75
HCl	85,79		
H ₂ O	361,75		
	447,54		
Total	671,31	Total	671,31

V.2 Neraca Massa Hidrolisis Asam

Fungsi: Untuk mengkonversi pati menjadi glukosa

**Tabel V.3** Neraca Massa Hidrolisis Asam

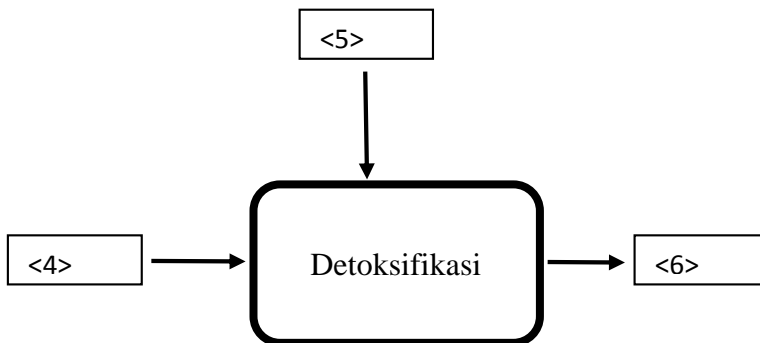
Masuk	Keluar
Aliran <3>	Aliran <4>



Pati	152,16	$C_6H_{12}O_6$	152,16
Hemiselulosa	19,40	Pati sisa	15,22
Protein	3,51	Hemiselulosa	19,40
Selulosa	47,73	Protein	3,51
Lemak	0,96	Selulosa	47,73
HCl	85,79	Lemak	0,96
H ₂ O	361,75	HCl	85,79
		H ₂ O sisa	346,53
Total	671,31	Total	671,31

V.3 Neraca Massa Detoksifikasi

Fungsi: Untuk detoksifikasi dan netralisasi onggok



Tabel V.4 Neraca Massa Detoksifikasi

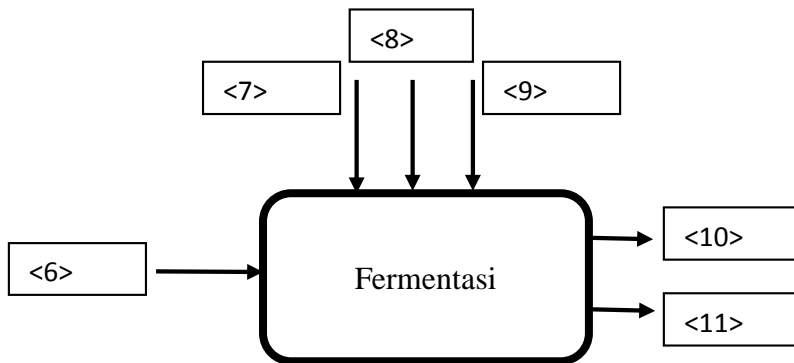
Masuk		Keluar	
Aliran <4>		Aliran <6>	
$C_6H_{12}O_6$	152,16	$C_6H_{12}O_6$	152,16
Pati sisa	15,22	Pati sisa	15,22
Hemiselulosa	19,40	Hemiselulosa	19,40
Protein	3,51	Protein	3,51
Selulosa	47,73	Selulosa	47,73
Lemak	0,96	Lemak	0,96
HCl	85,79	NaCl	137,47
H ₂ O sisa	346,53	H ₂ O sisa	388,88



	671,31		
Aliran <5>			
NaOH	94,02		
Total	765,34	Total	765,34

V.4 Neraca Massa Fermetasi

Fungsi: Untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol



Tabel V.5 Neraca Massa Fermentasi

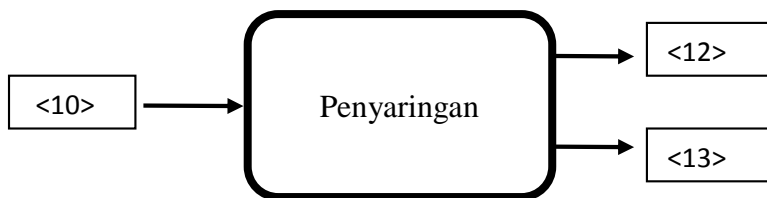
Masuk		Keluar	
Aliran <6>		Aliran <10>	
C ₆ H ₁₂ O ₆	152,16	C ₂ H ₅ OH	71,67
Pati sisa	15,22	C ₆ H ₁₂ O ₆ sisa	12,02
Hemiselulosa	19,40	Pati sisa	15,22
Protein	3,51	Hemiselulosa	19,40
Selulosa	47,73	Protein	3,51
Lemak	0,96	Selulosa	47,73
NaCl	137,47	Lemak	0,96
H ₂ O sisa	388,88	NaCl	137,47
	765,34	H ₂ O sisa	388,88
Aliran <7>			696,87
(NH ₄) ₂ HPO ₄	0,76	Aliran <11>	
		CO ₂	70,29



Aliran <8>			
Urea	0,76		
Aliran <9>			
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,30		
Total	767,16	Total	767,16

V.5 Neraca Massa Penyaringan

Fungsi: Untuk menyaring padatan dan cairan yang terkandung dalam larutan



Tabel V.6 Neraca Massa Penyaringan

Masuk		Keluar	
Aliran <10>		Aliran <12>	
C ₂ H ₅ OH	71,67	C ₂ H ₅ OH	71,67
C ₆ H ₁₂ O ₆ sisa	12,02	H ₂ O sisa	388,88
Pati sisa	15,22		460,55
Hemiselulosa	19,40	Aliran <13>	
Protein	3,51	C ₆ H ₁₂ O ₆ sisa	12,02
Selulosa	47,73	Pati sisa	15,22
Lemak	0,96	Hemiselulosa	19,40
NaCl	137,47	Protein	3,51
H ₂ O sisa	388,88	Selulosa	47,73
		Lemak	0,96
		NaCl	137,47
			236,31
Total	696,87	Total	696,87



V.6 Neraca Massa Distilasi

Fungsi: Proses pemurnian untuk memisahkan etanol dengan air

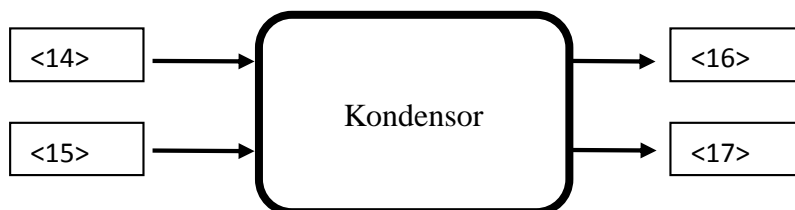


Tabel V.7 Neraca Massa Distilasi

Masuk		Keluar	
Aliran <12>		Aliran <14> Etanol Product	
C ₂ H ₅ OH H ₂ O sisa	71,67	C ₂ H ₅ OH H ₂ O	65,27
	388,88		34,73
			100,00
		Aliran <15>	
		C ₂ H ₅ OH H ₂ O sisa	6,40
	354,15		
			360,55
Total	460,55	Total	460,55

V.7 Neraca Massa Kondensor

Fungsi: Mengubah fase uap etanol menjadi etanol cair



**Tabel V.8** Neraca Massa Kondensor

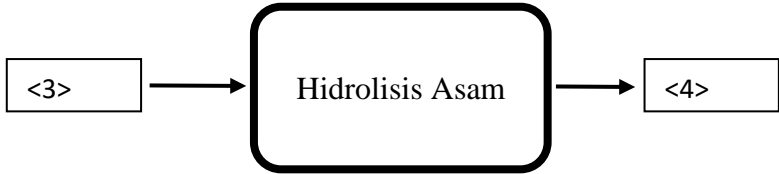
Masuk		Keluar	
Aliran <14>		Aliran <16>	
C ₂ H ₅ OH H ₂ O	65,27	Air pendingin	2.000,00
	34,73		2.000,00
	100,00	Aliran <17>	
Aliran <15>		C ₂ H ₅ OH H ₂ O	65,27
Air pendingin	2.000,00		34,73
			100,00
Total	2.100,00	Total	2.100,00



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB VI NERACA PANAS

VI.1 Neraca Panas pada Hidrolisis



Tabel VI.1 Neraca Panas Hidrolisis

Masuk		Keluar	
Komponen	Enthalpy	Komponen	Enthalpy
H_{in}	2231,46	H_{out}	35499,09
Q_{supply}	100355209,54	ΔH_{rx}	100321830,33
		Q_{loss}	111,57
Total	100357441,00	Total	100357441,00

VI.2 Neraca Panas pada Distilasi



Tabel VI.2 Neraca Panas Distilasi

Masuk		Keluar	
Komponen	Enthalpy	Komponen	Enthalpy
H_{in}	2091,84	H_{out}	31637,20
Q_{supply}	29649,95	Q_{loss}	104,59



Total	31741,80	Total	31741,80
--------------	-----------------	--------------	-----------------

VI.8 Neraca Panas pada Kondensor



Tabel VI.3 Neraca Panas Kondensor

Masuk		Keluar	
Komponen	Enthalpy	Komponen	Enthalpy
H_{in}	155813,21	H_{out}	10297,00
Q_{supply}	-137725,55	Q_{loss}	7790,66
Total	18087,66	Total	18087,66

BAB VII

ESTIMASI BIAYA

Produksi sediaan bioethanol dari Limbah padat tepung tapioka pagar di-scale up pada skala industri dengan kapasitas produksi sebesar 100 L/hari. Dengan rincian sebagai berikut:

- Yield bioethanol yang dihasilkan dari onggok (limbah padat tepung tapioka) sebesar 29,17%. Oleh karena itu untuk menghasilkan bioethanol dari onggok (limbah padat tepung tapioka) sebesar 100 L, maka dibutuhkan bahan baku onggok (limbah padat tepung tapioka) sebesar:

$$\text{Massa bahan baku} = \frac{\text{massa bioethanol (Kg)}}{\text{yield (\%)}}$$

$$\text{Massa bahan baku} = \frac{65,27}{29,17/100}$$

$$\text{Massa bahan baku} = 223,771 \text{ kg}$$

Jadi, onggok (limbah padat tepung tapioka) yang dibutuhkan setiap harinya yaitu 223,771 kg dan setiap tahunnya sebesar 27000 kg.

Kebutuhan Bioethanol (kg)	Kebutuhan Limbah padat tepung tapioka (kg)
65,27/hari	223,771
17623,76/tahun	27000

Waktu operasi untuk produksi selama 270 hari selama 1 tahun sehingga kapasitas produksi sebanyak 27000 kg.

VII.1 Estimasi Biaya

VII.1.1 Biaya Peralatan (*Purchased Equipment*)

Peralatan merupakan salah satu bahan penunjang dalam proses industri. Berikut ini beberapa kebutuhan peralatan yang dibutuhkan dalam proses produksi.

**Tabel VII.1** Biaya Investasi Peralatan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Timbangan Kapasitas 100 Kg	1	250.000,00	250.000,00
2	Jenset LPG	1	2.500.000,00	2.500.000,00
3	Tangki pemasak	10	50.000,00	500.000,00
4	Motor pengaduk	10	150.000,00	1.500.000,00
5	Fermentor	10	60.000,00	600.000,00
6	Tangki penukar panas	2	150.000,00	300.000,00
7	Alat distilasi	1	10.000.000,00	10.000.000,00
8	Alat penyaring	1	100.000,00	100.000,00
9	Pompa air	2	50.000,00	100.000,00
10	Sewa rumah produksi	1	9.000.000,00	9.000.000,00
Total				24.850.000,00

Modal tetap peralatan (*purchased equipment*) yang dibutuhkan untuk produksi yaitu Rp 24.850.000,00

VII.1.2 Biaya Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan dalam proses industry ini yaitu:

- Air yang digunakan
- Listrik yang digunakan sebagai tenaga penggerak dari peralatan proses dan penerangan.

**Tabel VII.2** Biaya Utilitas per Bulan

No.	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Air (Liter)	100	50,00	5.000,00
2	Listrik (kWh)	10	1.800,00	18.000,00
Total				23.000,00

VII.1.3 Biaya Karyawan

Karyawan merupakan salah satu kebutuhan yang menunjang proses berlangsungnya suatu produksi sehingga perlu dipertimbangkan terkait jumlah dan gajinya.

Tabel VII.3 Biaya Gaji Karyawan

No.	Keterangan	Kuantitas	Harga per Bulan (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Gaji karyawan	2	1.000.000,00	2.000.000,00
Total				2.000.000,00

Gaji karyawan yang dibutuhkan selama setahun yaitu Rp 24.000.000,00

VII.1.4 Biaya Tambahan

Pada proses ini terdapat beberapa biaya tambahan yang terdiri dari:

- Maintenance selama 1 bulan sekali yaitu Rp 500.000,00

Tabel VII.4 Biaya Pendukung Tambahan

No.	Keterangan	Harga per Bulan (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Maintenance peralatan	500.000,00	500.000,00



Total	500.000,00
--------------	-------------------

VII.1.5 Biaya Kebutuhan Bahan Baku

Bahan baku merupakan salah satu komponen yang penting dalam proses berjalannya sebuah produksi. Oleh karena itu, perhitungan tentang biaya bahan baku perlu diperhatikan untuk mendapatkan analisa ekonomi yang baik.

Tabel VII.5 Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Produk

No	Keterangan	Kuantitas (Kg)	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
A.	Bahan Baku + Pelengkap			
1	Onggok (limbah padat tepung tapioka)	223,77	2.000,00	447.540,00
2	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,30	55.000,00	16.720,00
3	HCl	85,79	11.000,00	943.690,00
4	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	0,76	15.000,00	11.415,00
5	Urea	0,76	1.200,00	913,00
Total				1.420.278,00

Biaya per hari dengan kapasitas produksi 100 L/hari membutuhkan biaya produksi sebesar Rp 1.420.278,00 dan biaya pertahun:

Biaya pertahun= Rp 1.420.278,00x270= Rp 383.475.114,00

VII.2 Total Cost

Total cost merupakan hasil penjumlahan antara fixed cost dengan variable cost (per tahun).

VII.2.1 Fixed Cost atau Modal Tetap

Fixed cost atau biaya tetap adalah total biaya yang tidak akan mengalami perubahan apabila terjadi perubahan volume produksi. Biaya tetap secara total akan selalu



konstan sampai tingkat kapasitas penuh. Biaya tetap merupakan biaya yang akan selalu terjadi walaupun perusahaan tidak memproduksi. Biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, sewa tanah atau bangunan, utilitas, gaji karyawan dan maintenance.

Tabel VII.6 Biaya Fixed Cost

No	Keterangan	Total Biaya (Rp)
1	Investasi alat	24.850.000,00
2	Utilitas	6.210.000,00
3	Gaji karyawan	24.000.000,00
4	Maintenance	6.000.000,00
Total		61.060.000,00

Modal tetap (*fixed cost*) = Rp 61.060.000,00

VII.2.2 Variabel Cost

Variabel cost atau biaya variable total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubahan volume penjualan/produksi. Biaya variable akan berubah secara proporsional dengan perubahan volume produksi. Variable cost terdiri dari:

Tabel VII.7 Biaya Variable Cost

No	Keterangan	Total Biaya (Rp)
1	Biaya bahan baku/hari	1.420.278,00
2	Biaya bahan baku/tahun	383.475.114,00

Nilai *variable cost* yang didapatkan setiap tahun yaitu Rp 383.475.114,00.

Setelah mengetahui nilai masing-masing dari *fix cost* dan *variable cost*, maka menentukan nilai total cost yaitu:

Total cost = fix cost + variable cost

Total cost = Rp 61.060.000,00 + Rp 383.475.114,00

Total cost = Rp 444.535.114,00



VII.3 Harga Penjualan

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan dibagi dengan jumlah barang yang terjual.

- Harga pokok penjualan (HPP)

$$\text{HPP} = \frac{\text{Total Cost per Tahun}}{\text{Jumlah Produk per Tahun}}$$

$$\text{HPP} = \frac{\text{Rp 444.535.114,00}}{27000} = \text{Rp 16.464,00}$$

Harga Jual Produk

Harga jual dengan 50% dari HPP adalah Rp 24.696,00
 Sehingga didapatkan harga jual produk dalam rupiah adalah Rp 25.000,00

- Laba yang Diperoleh

Laba yang ingin diperoleh sebesar:

$$\text{Laba} = \text{Harga jual} - \text{HPP}$$

$$\text{Laba} = \text{Rp 25.000,00} - \text{Rp 16.464,00}$$

$$\text{Laba} = \text{Rp 8.536,00}$$

- Harga Jual Produk per Tahun

Harga jual produk per tahun = Harga jual x Jumlah produk per tahun

$$\text{Harga jual produk per tahun} = \text{Rp 25.000,00} \times 27.000,00$$

$$\text{Harga jual produk per tahun} = \text{Rp 675.000.000,00}$$

- Laba Produk per Tahun

Laba produk per tahun = Laba x Jumlah produk per tahun

$$\text{Laba produk per tahun} = \text{Rp 8.536,00} \times 27.000,00$$

$$\text{Laba produk per tahun} = \text{Rp 230.464.886,00}$$

VII.4 Break Event Point (BEP)

Break event point (BEP) adalah titik impas yang dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan. BEP ini digunakan untuk



menganalisa proyeksi sejauh mana banyaknya jumlah unit yang diproduksi atau sebanyak apa yang harus diterima untuk mendapatkan titik impas atau kembali modal.

Dalam menentukan BEP dapat melalui metode perhitungan secara langsung dan secara grafis.

a) Metode Perhitungan (Aljabar)

- Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fix Cost}}{\text{HJP} - \text{VC}}$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp } 61.060.000,00}{\text{Rp } 25.000,00 - \text{Rp } 8.536,00}$$

$$\text{BEP} = 3.708,64 \text{ kg}$$

Artinya, perusahaan perlu menjual 3.708,64 kg untuk tercapainya titik impas antara total penjualan sama dengan total biaya produksi. Pada penjualan ke-3.708,64 kg, maka perusahaan tersebut akan mulai memperoleh laba.

- Menentukan BEP dalam jumlah unit rupiah

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fix Cost}}{1 - \left(\frac{\text{VC}}{\text{HJP}}\right)}$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp } 61.060.000,00}{1 - \left(\frac{\text{Rp } 8.536,00}{\text{Rp } 25.000,00}\right)}$$

$$\text{BEP} = \text{Rp } 92.715.960,34$$

Artinya, perusahaan perlu mendapatkan omset penjualan produk emulgel senilai Rp 92.715.960,34 agar terjadi BEP dan perusahaan akan memperoleh keuntungan jika mendapatkan omset sebesar Rp 92.715.960,34.

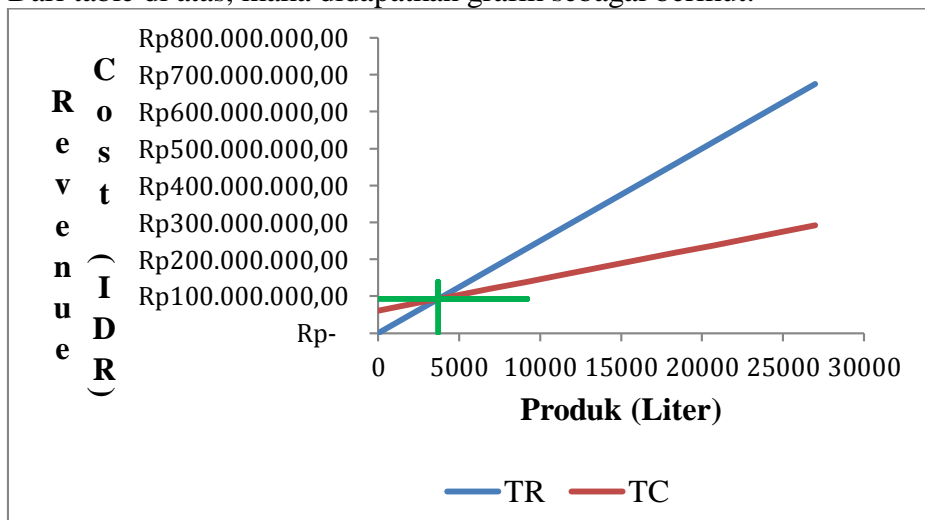


b) Metode Grafik

Pada penentuan BEP dengan metode grafik dapat diketahui dari perpotongan antara garis total cost dan total penghasilan selang waktu tertentu.

Kapasitas Produksi	Total Penghasilan	Total Biaya
0	Rp -	Rp 61.060.000,00
2300	Rp 57.500.000,00	Rp 80.692.193,99
4600	Rp 115.000.000,00	Rp 100.324.387,99
6900	Rp 172.500.000,00	Rp 119.956.581,98
9200	Rp 230.000.000,00	Rp 139.588.775,97
11500	Rp 287.500.000,00	Rp 159.220.969,96
18400	Rp 460.000.000,00	Rp 218.117.551,94
20700	Rp 517.500.000,00	Rp 237.749.745,93
23000	Rp 575.000.000,00	Rp 257.381.939,93
25300	Rp 632.500.000,00	Rp 277.014.133,92
27000	Rp 675.000.000,00	Rp 291.524.886,00

Dari table di atas, maka didapatkan grafik sebagai berikut:



**Grafik VII.1 Break Event Point (BEP)**

Dari grafik tersebut diketahui bahwa BEP berada pada titik produksi 3.708,64 kg dengan BEP rupiah yang didapatkan sebesar Rp 92.715.960,34.



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

VIII.1 Kesimpulan

1. Variabel perlakuan yang optimal yaitu pada variabel konsentrasi 100 gr/l onggok (limbah padat tepung tapioka) dengan konsentrasi HCl 2 N.
2. Hasil Hidrolisis tertinggi diperoleh pada variabel konsentrasi onggok (limbah padat tepung tapioka) 100 gr/l dengan konsentrasi HCl 2 N yaitu dengan kadar glukosa sebesar 132,83 gr/l.
3. Hasil Fermentasi tertinggi diperoleh pada variabel konsentrasi onggok (limbah padat tepung tapioka) 100 gr/l dengan konsentrasi HCl 2 N yaitu dengan kadar etanol sebesar 10,89% (v/v).
4. Kadar kemurnian etanol yang diperoleh dari distilasi fraksinasi yaitu sebesar 91,07% (v/v).

VIII.2 Saran

Untuk memperoleh hasil etanol yang lebih tinggi perlu dilakukan proses pemurnian lebih lanjut dengan dehidrasi menggunakan zeolit.



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
C_p	Heat capacity	Cal/g°C
massa	Berat	Kg
T	Suhu	°C
T _{ref}	Suhu refren	°C
ΔH	Enthalpy	Cal
Q	Kalor	Cal
t	Waktu	Menit
pH	Derajat keasaman	-
ρ	Densitas	Kg/l
V	Volume	L
N	Normalitas	-
BM	Berat molekul	-

DAFTAR PUSTAKA

- Assegaf, F. 2009. *“Prospek Produksi Bioetanol Bonggol Pisang”*. Semarang: Universitas Jenderal Soedirman.
- Prastowo, B. 2007. *“Potensi Sektor Pertanian sebagai Penghasil dan Pengguna Energi Terbarukan”*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Swadaya, N. 2008. *“BBN, Bahan Bakar Nabati”*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Musanif, J. 2008. *“Bio-Etano”l*. Artikel Ilmiah, Institut Teknologi Bandung.
- Ashriyani, A. 2009. *“Pembuatan Bioetanol dari Substrat Makroalga”*. Tugas Akhir, Depok.
- Prihandana, dkk. 2007. *“Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan”*. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.
- Afiyah, N. 2011. *“Isolasi dan Identifikasi Kapang pada Kapang Tepung Tapioka di Desa Pakujati Kecamatan Paguyangan Kabupaten Brebes”*. Tugas Akhir, Purwokerto.
- Soemarno. 2007. *“Rancangan Teknologi Proses Pengolahan Tapioka dan Produk-Produknya”*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Asngad, A. 2005. *“Perubahan Kadar Protein Pada Fermentasi Jerami Padi dengan Penambahan Onggok untuk Makanan Ternak”*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Effendi, E. 2015. *“Pengolahan Limbah Padat Tapioka menjadi Etanol dengan Menggunakan*

- Aspergillus niger, Bacillus licheniformis dan Saccharomyces cerevisiae*". Jakarta: Universitas Trisakti.
- Nurdyastuti, I. 2006. "*Prospek Pengembangan Bio-fuel sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak*". Jakarta: CV. Nuansa Citra Warna.
- Sukumaran, R.K. 2008. "*Cellulase Production Using Biomassa Feed Stock and Its Application in Loignocellulosa Saccharification for Bioetanol Production*". Renewable Energy, Vol. 30, hal. 1-4.
- Hargono. 2013. "*Rancang Bangun Alat Distilasi Satu Tahap untuk Memproduksi Bioetanolgrade Teknis*". Semarang: Universitas Diponegoro.
- Asrianti. 2017. "*Optimalisasi Suhu dan Waktu Hidrolisis Enzimatis Limbah Kertas dengan Menggunakan Selulase dari Candida Utilis pada Produksi Bioetanol*". Tugas Akhir, Makassar.
- Agustin, dkk. 2011. "*Rancang Bangun Teknologi Destilasi Bioetanol Untuk Bahan Bakar Terbarukan*". Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Widodo. 2017. "*Karakteristik Support Membran Keramik dari Zeolit Alam dan TiO₂ Metode Wet Process*". Tugas Akhir, Purwokerto.
- Osvaldo, dkk. 2012. "*Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu Pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang*". Palembang: Universitas Sriwijaya.

APPENDIKS A NERACA MASSA

Kapasitas Produksi	= 27000	kg/tahun
	= 100	kg/hari
Operasi	= 270	hari/pertahun
Basis Waktu	= 1	hari
Bahan Baku	= 223.7714	kg/hari
Satuan Massa	= kilogram (kg)	

Tabel A.1 Tabel Berat Molekul

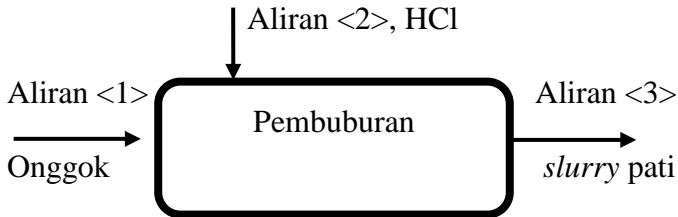
Komponen	BM (gr/mol)
$C_6H_{12}O_6$	180.16
$C_6H_{10}O_5$	162.14
$C_5H_8O_4$	132.12
H_2O	18.02
HCl	36.50
NaOH	40.00
NaCl	58.48
C_2H_5OH	46.07
CO_2	45.18

Tabel A.2 Komposisi Bahan Baku

Komponen	% Berat	Massa
Pati	68.00	152.16
Hemiselulosa	8.67	19.40
Protein	1.57	3.51
Selulosa	21.33	47.73
Lemak	0.43	0.96
Total	100.00	223.77

1. Pembuburan

Fungsi: mencampurkan pati dengan air dan HCl hingga menjadi slurry



HCl 32%

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{(10 \times \% \times \rho \times e)}{BM} \times 100 \\
 &= \frac{(10 \times 0,32 \times 1,19 \times 1)}{36,5} \times 100 \\
 &= 10,43 \text{ N}
 \end{aligned}$$

HCl pekat dilarutkan dengan air hingga 2000 mL

Air pelarut 2x banyak sampel : $2 \times 223,771 = 447,54 \text{ mL}$

Untuk konsentrasi HCl 0,5 N :

$$\begin{aligned}
 V_1 N_1 &= V_2 N_2 \\
 V_1 \times 10,43 &= 447,543 \times 0,5 \\
 V_1 &= 21,45 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Untuk konsentrasi HCl 1 N :

$$\begin{aligned}
 V_1 N_1 &= V_2 N_2 \\
 V_1 \times 10,43 &= 447,543 \times 1 \\
 V_1 &= 42,90 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Untuk konsentrasi HCl 2N:

$$\begin{aligned}
 V_1 N_1 &= V_2 N_2 \\
 V_1 \times 10,43 &= 447,543 \times 2 \\
 V_1 &= 85,79 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Appendiks A – Perhitungan Neraca Massa

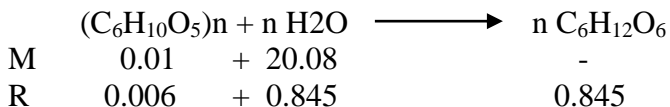
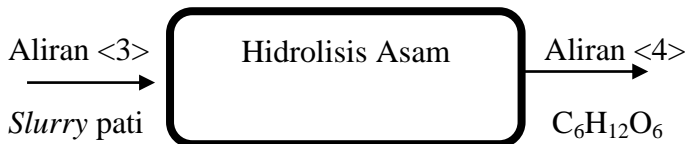
Karena dari hasil percobaan, variabel terbaik saat menggunakan HCl 2 N, maka neraca massa dihitung menggunakan variabel HCl 2N :

Tabel A.3 Neraca Massa Pembuburan

Masuk		Keluar	
Aliran 1		Aliran 3	
Pati	152.16	Pati	152.16
Hemiselulosa	19.40	Hemiselulosa	19.40
Protein	3.51	Protein	3.51
Selulosa	47.73	Selulosa	47.73
Lemak	0.96	Lemak	0.96
	223.77	HCl	85.79
Aliran 2		H ₂ O	361.75
HCl	85.79		
H ₂ O	361.75		
	447.54		
Total	671.31	Total	671.31

2. Hidrolisis Asam

Fungsi: Untuk mengkonversi pati menjadi glukosa.



Appendiks A – Perhitungan Neraca Massa

$$S \quad 0.001 \quad + 19.235 \quad 0.845$$

$$\begin{aligned} \text{Konversi Reaksi} &= 65.5\% \\ n &= 150 \end{aligned}$$

Neraca Massa Komponen :

a. $(C_6H_{10}O_5)_{150}$

$$\begin{aligned} (C_6H_{10}O_5)_{150} \text{ mula – mula} &= 152.16 \text{ kg} \\ \text{Mol mula – mula} &= \frac{\text{Massa } (C_6H_{10}O_5)_{150}}{BM (C_6H_{10}O_5)_{150}} \\ &= \frac{152.16 \text{ kg}}{24321.54 \text{ kg/kmol}} \\ &= 0.01 \text{ kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (C_6H_{10}O_5)_{150} \text{ bereaksi} &= 0.655 \times 0.01 \\ &= 0.006 \text{ kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (C_6H_{10}O_5)_{150} \text{ sisa} &= \text{mol mula – mula} - \text{mol bereaksi} \\ &= 0.01 - 0.006 \\ &= 0.001 \text{ kmol} \\ &= 15.22 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. H_2O

$$\begin{aligned} \text{Massa } H_2O \text{ total} &= \text{massa larutan} - \text{massa HCl} \\ &= 447.54 - 85.79 \\ &= 361.75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol } H_2O \text{ mula – mula} &= \frac{\text{massa } H_2O}{BM H_2O} \\ &= \frac{361.75 \text{ kg}}{18.02 \text{ kg/kmol}} \\ &= 20.08 \text{ kmol} \end{aligned}$$

$$\text{Mol } H_2O \text{ bereaksi} = \text{mol } C_6H_{10}O_5 \text{ bereaksi} \times (n)$$

Appendiks A – Perhitungan Neraca Massa

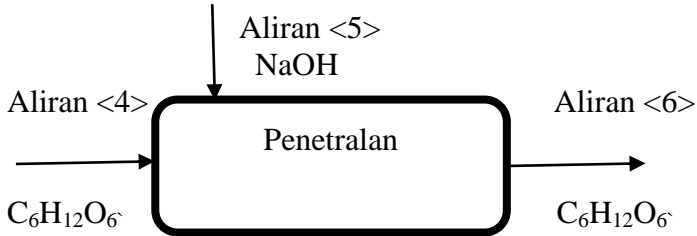
$$\begin{aligned}
 &= 0.006 \times 150 \\
 &= 0.84 \text{ kmol} \\
 &= 15.22 \text{ kg} \\
 \text{Mol H}_2\text{O sisa} &= \text{mol mula} - \text{mula} - \text{mol bereaksi} \\
 &= 20.08 - 0.84 \\
 &= 19.24 \text{ kmol} \\
 &= 346.53 \text{ kg} \\
 \text{c. C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \\
 \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ terbentuk} &= \text{mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ bereaksi} \times (n) \\
 &= 0.006 \times 150 \\
 &= 0.84 \text{ kmol} \\
 \text{Massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 &= \text{mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \text{BM C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \\
 &= 0.84 \times 180.16 \\
 &= 152.16 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel A.4 Neraca Massa Hidrolisis Asam

Masuk		Keluar	
Aliran 3		Aliran 4	
Pati	152.16	C ₆ H ₁₂ O ₆	152.16
Hemiselulosa	19.40	Pati sisa	15.22
Protein	3.51	Hemiselulosa	19.40
Selulosa	47.73	Protein	3.51
Lemak	0.96	Selulosa	47.73
HCl	85.79	Lemak	0.96
H ₂ O	361.75	HCl	85.79
		H ₂ O sisa	346.53
Total	671.31	Total	671.31

3. Detoksifikasi

Fungsi: Untuk detoksifikasi dan netralisasi ongkok



	HCl	+	NaOH	→	NaCl	+	H ₂ O
M	2.35	+	-		-		-
R	2.35	+	2.35		2.35		2.35
S	0.00	+	2.35		2.35		2.35

Neraca Massa Komponen :

a. HCl

$$\begin{aligned}
 \text{HCl mula - mula} &= 85.79 \text{ kg} \\
 \text{Mol mula - mula} &= \frac{\text{Massa HCl}}{\text{BM HCl}} \\
 &= \frac{85.79 \text{ kg}}{36.50 \text{ kg/mol}} \\
 &= 2.35 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{HCl bereaksi} &= 1 \times 2.35 \\
 &= 2.35 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

b. NaOH

$$\begin{aligned}
 \text{NaOH bereaksi} &= 1 \times 2.35 \\
 &= 2.35 \text{ kmol} \\
 &= \text{mol} \times \text{BM}
 \end{aligned}$$

Appendiks A – Perhitungan Neraca Massa

$$= 94.02 \text{ kg}$$

c. NaCl

$$\begin{aligned} \text{NaCl yang terbentuk} &= 1 \times 2.35 \\ &= 2.35 \text{ kmol} \\ &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 137.47 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. H₂O

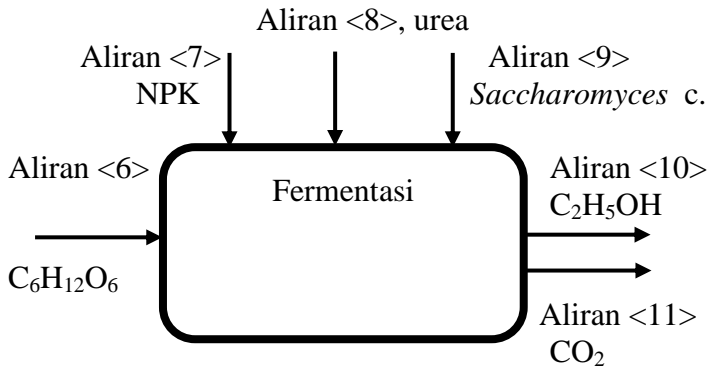
$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O yang terbentuk} &= 1 \times 2.35 \\ &= 2.35 \text{ kmol} \\ &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 42.35 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel A.5 Neraca Massa Netralisasi

Masuk		Keluar	
Aliran 4		Aliran 6	
C ₆ H ₁₂ O ₆	152.16	C ₆ H ₁₂ O ₆	152.16
Pati sisa	15.22	Pati sisa	15.22
Hemiselulosa	19.40	Hemiselulosa	19.40
Protein	3.51	Protein	3.51
Selulosa	47.73	Selulosa	47.73
Lemak	0.96	Lemak	0.96
HCl	85.79	NaCl	137.47
H ₂ O sisa	346.53	H ₂ O sisa	388.88
	671.31		
Aliran 5			
NaOH	94.02		
Total	765.34	Total	765.34

4. Fermentasi

Fungsi: Untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol



	$C_6H_{12}O_6$	\longrightarrow	$2 C_2H_5OH + 2 CO_2$	
M	0.84		-	-
R	0.778		1.556	1.556
S	0.067		1.556	1.556

Konversi reaksi : 92,1%

Etanol yang terbentuk : 10,89%

Neraca Massa Komponen :

a. $C_6H_{12}O_6$

$$\begin{aligned}
 C_6H_{12}O_6 &= 152.16 \text{ kg} \\
 \text{Mol mula – mula} &= \frac{\text{Massa } C_6H_{12}O_6}{\text{BM } C_6H_{12}O_6} \\
 &= \frac{152.16 \text{ kg}}{180.16 \text{ kg/kmol}} \\
 &= 0.84 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_6H_{12}O_6 \text{ bereaksi} &= 0.921 \times 0.84 \\
 &= 0.778 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_6H_{12}O_6 \text{ sisa} &= \text{mol mula – mula bereaksi} \\
 &= 0.84 - 0.778
 \end{aligned}$$

Appendiks A – Perhitungan Neraca Massa

$$= 0.0067 \text{ kmol}$$

$$= 12.021 \text{ kg}$$

b. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH yang terbentuk} = 2 \times 0.078$$

$$= 1.556 \text{ kmol}$$

$$= \text{mol} \times \text{BM}$$

$$= 90.73 \text{ L}$$

$$= 10,89\%$$

c. CO_2

$$\text{CO}_2 \text{ yang terbentuk} = 2 \times 0.778$$

$$= 1.556 \text{ kmol}$$

$$= \text{mol} \times \text{BM}$$

$$= 70.29 \text{ kg}$$

Menghitung jumlah yeast *Saccharomyces cerevisiae* yaitu sebanyak 0,2% dari kadar glukosa yang ditambahkan (Soeprijanto, 2013)

$$\text{Saccharomyces cerevisiae yang ditambahkan} = 0.002 \times \text{kadar glukosa}$$

$$= 0.002 \times 152.16$$

$$= 0.304 \text{ kg}$$

Menghitung jumlah NPK dan urea yaitu sebanyak 0,5% dari kadar glukosa yang ditambahkan (Soeprijanto, 2013)

$$\text{NPK yang ditambahkan} = 0.005 \times \text{kadar glukosa}$$

$$= 0.05 \times 152.16$$

Appendiks A – Perhitungan Neraca Massa

$$= 0.761 \text{ kg}$$

Urea yang ditambahkan
 $= 0.005 \times \text{kadar glukosa}$

$$= 0.05 \times 152.16$$

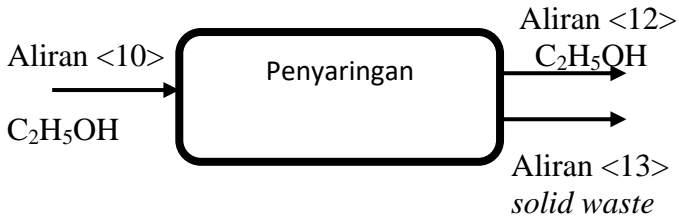
$$= 0.761 \text{ kg}$$

Tabel A.6 Neraca Massa Fermentasi

Masuk		Keluar	
Aliran 6		Aliran 10	
C ₆ H ₁₂ O ₆	152.16	C ₂ H ₅ OH	71.67
Pati sisa	15.22	C ₆ H ₁₂ O ₆ sisa	12.02
Hemiselulosa	19.40	Pati sisa	15.22
Protein	3.51	Hemiselulosa	19.40
Selulosa	47.73	Protein	3.51
Lemak	0.96	Selulosa	47.73
NaCl	137.47	Lemak	0.96
H ₂ O sisa	388.88	NaCl	137.47
	765.34	H ₂ O sisa	388.88
Aliran 7		696.87	
NPK	0.76	Aliran 11	
Aliran 8		CO ₂	70.29
Urea	0.76		
Aliran 9			
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0.30		
Total	767.16	Total	767.16

5. Penyaringan

Fungsi: Untuk menyaring padatan dan cairan yang terkandung dalam larutan



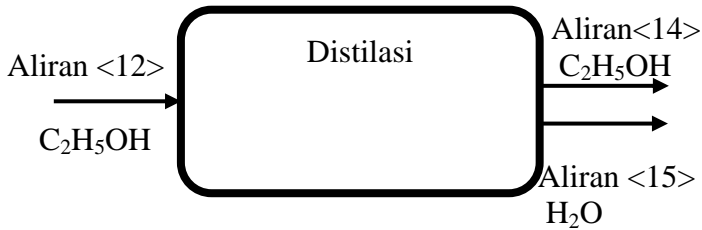
Effisiensi penyaringan = 100%

Tabel A.7 Neraca Massa Penyaringan

Masuk		Keluar	
Aliran 10		Aliran 12	
C ₂ H ₅ OH	71.67	C ₂ H ₅ OH	71.67
C ₆ H ₁₂ O ₆ sisa	12.02	H ₂ O sisa	388.88
Pati sisa	15.22		460.55
Hemiselulosa	19.40	Aliran 13	
Protein	3.51	C ₆ H ₁₂ O ₆ sisa	12.02
Selulosa	47.73	Pati sisa	15.22
Lemak	0.96	Hemiselulosa	19.40
NaCl	137.47	Protein	3.51
H ₂ O sisa	388.88	Selulosa	47.73
		Lemak	0.96
		NaCl	137.47
			236.31
Total	696.87	Total	696.87

6. Distilasi

Fungsi: Proses pemurnian untuk memisahkan etanol dengan air



Perhitungan neraca massa distilasi :

Kadar ethanol yang didapatkan = 91,07%

Volume produk = 100

a. C_2H_5OH

C_2H_5OH yang terbentuk = 0.9107×71.67
= 65.27 kg

b. H_2O

H_2O = 0.0893×388.88
= 34.73 kg

Tabel A.8 Neraca Massa Distilasi

Masuk		Keluar	
Aliran 12		Aliran 14 (Etanol 91,07%)	
C_2H_5OH	71.67	C_2H_5OH	65.27
H_2O	388.88	H_2O	34.73
			100.00
		Aliran 15 (Etanol gas)	
		C_2H_5OH sisa	6.40
		H_2O sisa	354.15
			360.55

Appendiks A – Perhitungan Neraca Massa

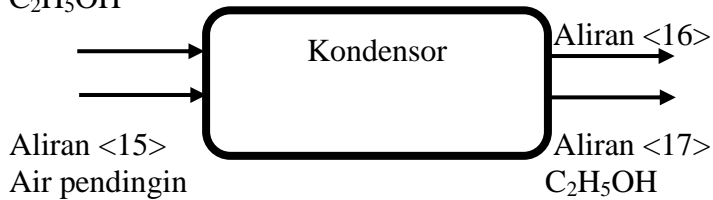
Total	460.55	Total	460.55
-------	--------	-------	--------

7. Kondensor

Fungsi: Mengubah fase uap etanol menjadi etanol cair

Aliran <14>

C_2H_5OH



Tabel A.9 Neraca Massa Kondensor

Masuk		Keluar	
Aliran 14		Aliran 16	
C_2H_5OH	65.27	Air pendingin	2,000.00
H_2O	34.73		2,000.00
	100.00	Aliran 17	
Aliran 15		C_2H_5OH	65.27
Air pendingin	2,000.00	H_2O	34.73
			100.00
Total	2,100.00	Total	2,100.00

APPENDIKS B NERACA PANAS

Kapasitas Produksi	= 27000	kg/tahun
	= 100	kg/hari
Operasi	= 270	hari/pertahun
Basis Waktu	= 1	hari
Bahan Baku	= 223.7714	kg/hari
Tref	= 298.15° K	= 25°C

Tabel B.1 Tabel Berat Molekul

Komponen	BM (gr/mol)
$C_6H_{12}O_6$	180.16
$C_6H_{10}O_5$	162.14
$C_5H_8O_4$	132.12
H_2O	18.02
HCl	36.50
NaOH	40.00
NaCl	58.48
C_2H_5OH	46.07
CO_2	45.22

Tabel B.2 Cp Komponen

Komponen	Cp (Cal/g°C)
$C_6H_{10}O_5$	0.30692
$C_6H_{12}O_6$	0.3141
Lemak	0.3988
Selulosa	0.3069

Appendiks B-Perhitungan Neraca Energi

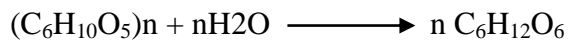
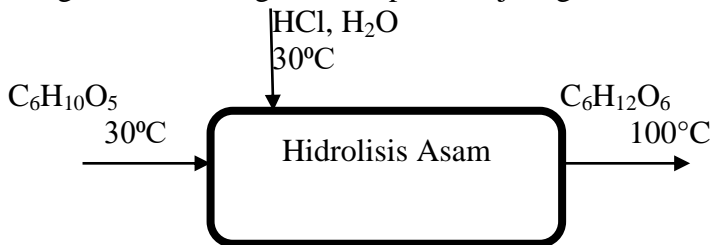
Protein	0.3
HCl	0.19
Hemiselulosa	0.3053
C ₂ H ₅ OH	0.4185
Saccharomyces cerevisiae	0.3342
(NH ₄) ₂ HPO ₄	0.34
Urea	22.45
CO ₂	0.2049

Tabel B.3 Cp Air

T (°C)	Cp (Cal/g°C)
30	0.9987
50	0.992
90	1.005
100	1.0076

1. Hidrolisis Asam

Fungsi: Untuk mengkonversi pati menjadi glukosa.



Appendiks B-Perhitungan Neraca Energi

Menghitung neraca panas bahan masuk:

$$\Delta H_{in} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (T - 25^\circ\text{C}) = (30 - 25^\circ\text{C}) = 5^\circ\text{C}$$

Tabel B.4 Perhitungan ΔH Bahan Masuk Pada Proses Hidrolisis

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Cal/g°C)	T - Tref (°C)	ΔH (cal)
C ₆ H ₁₀ O ₅	152.16	0.30692	5	233.51
Hemiselulosa	19.40	0.3053	5	29.62
Protein	3.51	0.3	5	5.27
Selulosa	47.73	0.3069	5	73.24
Lemak	0.96	0.3988	5	1.92
HCl	85.79	0.19	5	81.50
H ₂ O	361.75	0.9987	5	1806.40
ΔH				2,231.46

Menghitung neraca panas bahan keluar :

$$\Delta H_{out} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (T - 25^\circ\text{C}) = (100 - 25^\circ\text{C}) = 75^\circ\text{C}$$

Tabel B.5 Perhitungan ΔH Bahan Keluar Pada Proses Hidrolisis

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Cal/g°C)	T - Tref (°C)	ΔH (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	152.16	0.3141	75	3584.51
C ₆ H ₁₀ O ₅	15.22	0.30692	75	350.35
Hemiselulosa	19.40	0.3069	75	446.54

Appendiks B-Perhitungan Neraca Energi

Protein	3.51	0.3	75	78.98
Selulosa	47.73	1.0076	75	3606.96
Lemak	0.96	0.3053	75	21.98
HCl	85.79	0.19	75	1222.51
H ₂ O	346.53	1.0076	75	26187.27
ΔH				35,499.09

Menghitung neraca panas reaksi :

Tabel B.6 Data Panas Pembakaran (ΔH_c dan Panas Pembentukan (ΔH_f))

Komposisi	ΔH_c	ΔH_f	Satuan
C ₆ H ₁₀ O ₅	-54273.48	-851624.3213	kcal/kmol
H ₂ O	-	-68317.4	kcal/kmol
C ₆ H ₁₂ O ₆	- 673,000.00	-301215.4	kcal/kmol

$$\begin{aligned}
 \text{Mol yang bereaksi (n)} &= 0.16 \\
 \Delta H_r \text{ } 25^\circ\text{C} &= \Delta H_f \text{ Produk} - \Delta H_f \text{ reaktan} \\
 &= (n \times \Delta H_f \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) - ((n \times \Delta H_f \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) + (n \times \Delta H_f \text{ H}_2\text{O})) \\
 &= 100320.29 \text{ kcal} \\
 &= 100320285.74 \text{ cal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{H produk} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= (152,16 \times 0,3141 \times 75) \\
 &= 3584.51 \text{ cal} \\
 \text{H reaktan} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= ((152,16 \times 0,30692 \times 5) + (361,75 \times 0,9987 \times 5)) \\
 &= 2039.91 \text{ cal}
 \end{aligned}$$

Appendiks B-Perhitungan Neraca Energi

$$\begin{aligned}\Delta H_r &= \Delta H_r 25^\circ\text{C} + (H_{\text{produk}} - H_{\text{reaktan}}) \\ &= (100320285,74) + ((3584,51 - 2039,91)) \\ &= 100321830.33 \text{ cal}\end{aligned}$$

Menghitung Kalor (Q) :

$$\begin{aligned}\text{Asumsi } Q_{\text{loss}} &= 5\% \text{ dari } H_{\text{in}} \\ &= 5\% \times 2231.46 \\ &= 111.57 \text{ cal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_{\text{in}} + Q_{\text{in}} &= H_{\text{out}} + Q_{\text{loss}} \\ 2231.46 + Q &= 35499.09 + 100321830.33 + 111.57 \\ 2231.46 + Q &= 100357441.00 \\ Q &= 100355209.54 \text{ cal}\end{aligned}$$

Tabel B.7 Neraca Panas Hidrolisis

Masuk		Keluar	
Komponen	Enthalpy	Komponen	Enthalpy
H_{in}	2231.46	H_{out}	35499.09
Q_{supply}	100355209.54	ΔH_{rx}	100321830.33
		Q_{loss}	111.57
	100357441.00		100357441.00

2. Distilasi

Fungsi: Proses pemurnian untuk memisahkan etanol dengan air



Appendiks B-Perhitungan Neraca Energi

Menghitung neraca panas bahan masuk :

$$\Delta H_{in} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (T - 25^\circ\text{C}) = (30 - 25^\circ\text{C}) = 5^\circ\text{C}$$

Tabel B.8 Neraca Massa Distilasi

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Cal/g°C)	T - Tref (°C)	ΔH (cal)
C ₂ H ₅ OH	71.67	0.4185	5	149.97
H ₂ O	388.88	0.9987	5	1941.87
ΔH				2,091.84

Menghitung neraca panas bahan keluar :

$$\Delta H_{out} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (T - 25^\circ\text{C}) = (100 - 25^\circ\text{C}) = 75^\circ\text{C}$$

Tabel B.9 Perhitungan ΔH Bahan Keluar Pada Proses Distilasi

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Cal/g°C)	T - Tref (°C)	ΔH (cal)
C ₂ H ₅ OH	65.27	0.4185	75	2048.66
H ₂ O	34.73	1.0076	75	2624.55
C ₂ H ₅ OH sisa	6.40	0.4185	75	200.88
H ₂ O sisa	354.15	1.0076	75	26763.12
ΔH				31,637.20

Appendiks B-Perhitungan Neraca Energi

Menghitung Kalor (Q) :

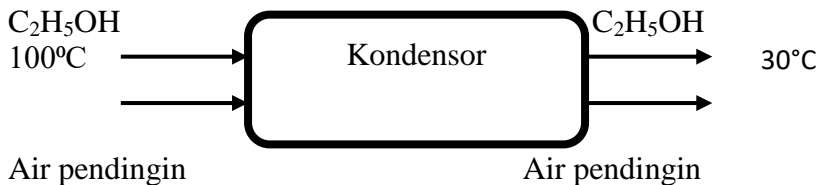
$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi } Q_{\text{loss}} &= 5\% \text{ dari } H_{\text{in}} \\
 &= 5\% \times 2091.84 \\
 &= 104.59 \text{ cal} \\
 H_{\text{in}} + Q_{\text{in}} &= H_{\text{out}} + Q_{\text{loss}} \\
 2091.84 + Q &= 31637.20 + 104.59 \\
 2091.84 + Q &= 31741.80 \\
 Q &= 29649.95 \text{ cal}
 \end{aligned}$$

Tabel B.10 Neraca Panas Distilasi

Masuk		Keluar	
Komponen	Enthalpy	Komponen	Enthalpy
H_{in}	2091.84	H_{out}	31637.20
Q_{supply}	29649.95	Q_{loss}	104.59
	31741.80		31741.80

3. Kondensor

Fungsi: Mengubah fase uap etanol menjadi etanol cair



Menghitung neraca panas bahan masuk :

$$\Delta H_{\text{in}} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$\Delta T \text{ bahan masuk} = (T - 25^\circ\text{C}) = (100 - 25^\circ\text{C}) = 75^\circ\text{C}$$

Appendiks B-Perhitungan Neraca Energi

Tabel B.11 Perhitungan ΔH Bahan Masuk Pada Kondensor

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Cal/g°C)	T - Tref (°C)	ΔH (cal)
C ₂ H ₅ OH	65.27	0.4185	75	2048.66
H ₂ O	34.73	1.0076	75	2624.55
Air pendingin	2000.00	1.0076	75	151140.00
ΔH				155813.21

Menghitung neraca panas bahan keluar :

$$\Delta H_{\text{out}} = m \times Cp \times \Delta t$$

$$\Delta T \text{ bahan keluar} = (T - 25^\circ\text{C}) = (30 - 25^\circ\text{C}) = 5^\circ\text{C}$$

Tabel B.11 Perhitungan ΔH Bahan Keluar Pada Kondensor

Komposisi	Massa (kg)	Cp (Cal/g°C)	T - Tref (°C)	ΔH (cal)
C ₂ H ₅ OH	65.27	0.4185	5	136.58
H ₂ O	34.73	0.9987	5	173.42
Air pendingin	2000.00	0.9987	5	9987.00
ΔH				10297.00

Menghitung Kalor (Q) :

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } Q_{\text{loss}} &= 5\% \text{ dari } H_{\text{in}} \\ &= 5\% \times 155813.21 \\ &= 7790.66 \text{ cal} \\ H_{\text{in}} + Q_{\text{in}} &= H_{\text{out}} + Q_{\text{loss}} \\ 155813.21 + Q &= 10297.00 + 7790.66 \\ 155813.21 + Q &= 18087.66 \end{aligned}$$

Appendiks B-Perhitungan Neraca Energi

$$Q = -137725.55 \text{ cal}$$

Tabel B.12 Neraca Panas Kondensor

Masuk		Keluar	
Komponen	Enthalpy	Komponen	Enthalpy
H _{in}	155813.21	H _{out}	10297.00
Q _{supply}	-137725.55	Q _{loss}	7790.66
	18087.66		18087.66

BIODATA PENULIS



Rafika Hasbia Sari, penulis yang akrab disapa Fika ini dilahirkan di Lamongan tepatnya pada tanggal 8 Januari 1997. Setelah menamatkan Sekolah Menengah Atas di Islamic Boarding School Darul Ulum 2 Cambridge International School ID 113, penulis melanjutkan studi di Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS Surabaya), terdaftar dengan NRP 10411500000081.

Alamat email :

rhasbia@gmail.com